



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**“DISEÑO DE LA ESTRATEGIA BASADA EN MANTENIMIENTO
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA ACTIVOS FÍSICOS
CRÍTICOS DE REFINERÍA SHUSHUFINDI”**

AUTOR: MILTON ORLANDO BARRAGÁN ERAZO

Proyecto de investigación, presentado ante el Instituto de Postgrado y Educación
Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de

MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Riobamba–Ecuador

Abril 2016



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Proyecto de investigación titulado “DISEÑO DE LA ESTRATEGIA BASADA EN MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA ACTIVOS FÍSICOS CRÍTICOS DE REFINERÍA SHUSHUFINDI”, de responsabilidad del Ing. Milton Orlando Barragán Erazo, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Ing. Verónica Elizabeth Mora Chunllo; M.Sc.
PRESIDENTE

FIRMA

Ing. Carlos José Santillán Mariño; M.Sc.
DIRECTOR

FIRMA

Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos; M.Sc.
MIEMBRO

FIRMA

Ing. Jorge Estuardo Freire Miranda; M.Sc.
MIEMBRO

FIRMA

COORDINADOR SISBIB ESPOCH

FIRMA

Riobamba, abril del 2016

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Milton Orlando Barragán Erazo, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente Proyecto de Investigación, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Ing. Milton Orlando Barragán Erazo
CI. 0602774531

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Milton Orlando Barragán, Erazo, declaro que el presente Proyecto de Investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

Riobamba, 27 de abril de 2016

Ing. Milton Orlando Barragán Erazo
C.I. 0602774531

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico a mi padre Ángel, que con sus sabios consejos ha logrado insentibarme en este camino del conocimiento, a mi madre Hilda que junto a nuestro Padre Dios han iluminado mi camino por el sendero del bien, a mis hermanos por apoyarme incondicionalmete. Por todo el cariño afecto y comprensión recibidos, a mi esposa Yolanda y a mis dos preciosas hijas Karen Nicole y Katty Dayne, quienes han sido la fuente de inspiración y la fuerza motivadora para alcanzar este anhelado logro profesional.

Milton Orlando

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su infinita bondad, por sus bendiciones y guía para alcanzar este objetivo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, al Instituto de Posgrado y Educación Continua, a sus directivos, docentes, personal administrativo y de servicio, que me han ofrecido un ambiente acogedor, e impartir sus conocimientos de la mejor manera.

Al director y miembros del proyecto de tesis, Ing. Carlos José Santillán Mariño; M.Sc, Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos; M.Sc., Ing. Jorge Estuardo Freire Miranda; M.Sc. que con sus valiosos conocimientos han guiado y apoyado la realización del presente trabajo.

A la Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador, a la Refinería Shushufindi, a sus autoridades, de manera especial al Ing. José Narvaez (Superintendente), a los Ingenieros Klever Rosero M.Sc, y Carlos Cárdenas (Intendentes de mantenimiento), a mis compañeros de trabajo de las áreas de operación y mantenimiento, quienes han apoyado el desarrollo del proyecto de tesis.

Milton Orlando

CONTENIDO

	Pág.
Portada	
Certificación:	ii
Derechos Intelectuales	iii
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Contenido.....	vii
Índice de figuras.....	xi
Índice de tablas	xii
Índice de gráficos.....	xiii
Anexos	xiv
Resumen.....	xv
Summary.....	xvi
 CAPÍTULO I.....	 1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades de la empresa.	2
1.1.2 <i>Visión</i>	3
1.1.3 <i>Misión</i>	3
1.1.4 <i>Estructura organizacional</i>	3
1.1.5 <i>Descripción de la producción</i>	4
1.2 Problema de investigación.....	4
1.2.1 <i>Planteamiento del problema</i>	4
1.3 Justificación de la investigación	7
1.3.1 <i>Justificación teórica</i>	7
1.3.2 <i>Justificación metodológica</i>	9
1.3.3 <i>Justificación práctica</i>	10
1.4 Objetivos de la investigación.....	10
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	10
1.4.2 <i>Objetivo específicos</i>	11

1.4.3	<i>Hipótesis</i>	11
CAPÍTULO II		12
2	MARCO DE REFERENCIA	12
2.1	Marco teórico	12
2.1.1	<i>Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)</i>	12
2.1.2	<i>RCM: las siete preguntas básicas</i>	12
2.1.3	<i>Análisis de criticidad (CA)</i>	13
2.1.4	<i>Funciones y estándares de desempeño</i>	14
2.1.5	<i>Fallas funcionales</i>	14
2.1.6	<i>Análisis de modos de falla y sus efectos (AMFE)</i>	15
2.1.7	<i>Efectos de la falla</i>	16
2.1.8	<i>Consecuencias de las fallas</i>	17
2.1.9	<i>Las tareas de mantenimiento según RCM</i>	18
2.2	Marco conceptual o epistemológico	20
2.2.1	<i>Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)</i>	20
2.2.2	<i>Contexto operacional</i>	20
2.2.3	<i>Análisis de criticidad</i>	20
2.2.4	<i>Falla funcional</i>	20
2.2.5	<i>Falla</i>	21
2.2.6	<i>Modo de falla</i>	21
2.2.7	<i>Efecto de falla</i>	21
2.2.8	<i>Consecuencia del fallo</i>	21
2.2.9	<i>Fallo potencial</i>	21
2.2.10	<i>Gestión de activos</i>	21
2.2.11	<i>Confiabilidad operacional</i>	22
2.3	Marco empírico (espacial y temporal)	22
2.3.1	<i>Actividades de mantenimiento no planeadas</i>	22
2.3.2	<i>Tareas de mantenimiento emergente</i>	22
2.3.3	<i>Actividades rutinarias</i>	22
2.3.4	<i>Reparaciones empíricas</i>	23
2.3.5	<i>Herramientas tecnológicas</i>	23
2.3.6	<i>Manejo de la información</i>	23

2.3.7	<i>Capacitación</i>	24
CAPÍTULO III		25
3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.1	Metodología.....	25
3.1.1	<i>Tipo de estudio</i>	25
3.1.2	<i>Métodos</i>	26
3.1.3	<i>Técnicas e Instrumentos para recolección de la información</i>	27
3.1.4	<i>Población y muestra</i>	27
3.2	Análisis de la criticidad de los activos físicos	28
3.2.1	<i>Inventario técnico de los activos físicos</i>	28
3.3	Determinación de la Criticidad de los activos físicos.....	30
3.3.1	<i>Parámetros considerados de criticidad</i>	30
3.3.2	<i>Determinación de la criticidad de los activos físicos</i>	31
3.4	Determinación de la estrategia RCM para la caldera de vapor (Y2B701C).....	32
3.4.1	<i>Contexto operacional (caldera de vapor Y2B701C)</i>	32
3.4.2	<i>Diagrama funcional (caldera de vapor Y2B701C)</i>	34
3.4.3	<i>Sistemas de la caldera (Y2B701C)</i>	35
3.4.4	<i>Componentes de la caldera (Y2B701C)</i>	35
3.4.5	<i>Función primaria</i>	36
3.4.6	<i>Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), caldera de vapor Y2B701C</i>	36
3.4.7	<i>Hoja de decisión RCM, Caldera Y2B701C</i>	53
3.5	Determinación de la estrategia RCM para el (horno de crudo CH001)	68
3.5.1	<i>Contexto operacional (horno de crudo CH001)</i>	68
3.5.2	<i>Datos del activo físico (horno de crudo CH001)</i>	69
3.5.3	<i>Diagrama funcional (horno de crudo CH001)</i>	71
3.5.4	<i>Sistemas del horno de crudo</i>	71
3.5.5	<i>Función primaria</i>	72
3.5.6	<i>Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), horno de crudo CH001</i> ...	72
3.5.7	<i>Hoja de decisión RCM, horno de crudo CH001</i>	87
3.6	Determinación de la estrategia RCM para el compresor de aire (Y2C101C) ..	98
3.6.1	<i>Contexto operacional (compresor de aire Y2C101C)</i>	98

3.6.2	<i>Datos del activo físico (compresor de aire Y2C101C)</i>	99
3.6.3	<i>Diagrama funcional (compresor de aire Y2C101C)</i>	100
3.6.4	<i>Función primaria</i>	101
3.6.5	<i>Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), compresor de aire Y2C101C</i>	101
3.6.6	<i>Hoja de decisión RCM, compresor de aire Y2B101C</i>	104
3.7	<i>Cálculo de la confiabilidad</i>	106
3.7.1	<i>Cálculo de la confiabilidad de la caldera de vapor (Y2B701C)</i>	106
3.7.2	<i>Calculo de la confiabilidad del horno de crudo (CH001)</i>	119
3.7.3	<i>Cálculo de la confiabilidad del compresor de aire (Y2C101C)</i>	127

CAPÍTULO IV 130

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN...... 130

4.1 Resultados..... 130

4.2 Discusión 133

4.2.1 Verificación de la Hipótesis 134

4.3 Conclusiones..... 140

4.4 Recomendaciones 141

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1. Estructura organizacional EP Petroecuador.....	3
Figura 1-2. Tareas del RCM	19
Figura 1-3. Parámetros de operación de la caldera de vapor (Y2B701C)	34
Figura 2-3. Diagrama funcional de la caldera de vapor (Y2B701C).....	35
Figura 3-3. Componentes de la caldera de vapor (Y2B701C)	36
Figura 4-3. Diagrama funcional (Horno de crudo CH001)	71
Figura 5-3. Diagrama funcional del compresor de aire (Y2C101C)	100
Figura 1-4. Tipo de tareas aplicadas para solucionar los modos de falta y efectos.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-1. Producción de derivados de hidrocarburos.....	4
Tabla 1-2. Ejemplo de fallas funcionales	15
Tabla 2-2. Ejemplo de modos de falla	16
Tabla 1-3. Plantas de Refinería Shushufindi	28
Tabla 2-3. Cantidades de activos físicos por plantas	28
Tabla 3-3. Áreas y sistemas auxiliares de Refinería Shushufindi	29
Tabla 4-3. Codificación de los tipos de activos físicos	29
Tabla 5-3. Áreas y sistemas críticos	30
Tabla 6-3. Parámetros considerados de criticidad	30
Tabla 7-3. Determinación de la criticidad de los activos físicos	31
Tabla 8-3. Capacidad de operación calderos de vapor	33
Tabla 9-3. Condiciones de operación caldera de vapor (Y2B701C).....	33
Tabla 10-3. AMFE Caldera Y2B701C	37
Tabla 11-3. Hoja de decisión RCM, Caldera Y2B701C	54
Tabla 12-3. Datos del activo físico (Horno de crudo CH001).....	69
Tabla 13-3. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), horno de crudo CH001	73
Tabla 14-3. Hoja de decisión RCM, horno de crudo CH001	88
Tabla 15-3. Capacidad de operación de los compresores de aire.....	98
Tabla 16-3. Datos del activo físico (compresor de aire Y2C101C)	99
Tabla 17-3. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), compresor de aire Y2C101C.....	102
Tabla 18-3. Hoja de decisión RCM, compresor de aire Y2B101C	104
Tabla 19-3. Cálculo de la confiabilidad, caldera de vapor Y2B701C	107
Tabla 20-3. Cálculo de la confiabilidad, caldera de vapor Y2B701C	119
Tabla 21-3. Cálculo de la confiabilidad, compresor de aire Y2C101C.....	128
Tabla 1-4. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE)	132
Tabla 2-4. Análisis de Modos de Falla, número de eventos y confiabilidad.....	134

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3.	Cantidades de activos físicos por plantas	28
Gráfico 1-4.	Confiabilidad de activos físicos críticos en los últimos seis años.....	133
Gráfico 2-4.	Confiabilidad de los activos físicos críticos antes y después del RCM	
	135

ANEXOS

- Anexo A.** Plano de implantación de activos físicos por plantas
- Anexo B.** Inventario técnico por plantas
- Anexo C.** Plano de horno de crudo (CH001)
- Anexo D.** Diagrama de decisión RCM
- Anexo E.** Cronograma de mantenimiento preventivo, caldera de vapor Y2B701C
- Anexo F.** Cronograma de mantenimiento preventivo, horno de crudo CH001
- Anexo G.** Cronograma de mantenimiento preventivo, compresor de aire Y2C101C
- Anexo H.** Cronograma de mantenimiento predictivo, Y2B701C, CH001, Y2C101C

RESUMEN

La investigación desarrolló un diseño de estrategia de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, para los activos físicos críticos de Refinería Shushufindi, ubicada en la provincia de Sucumbíos; El método de investigación es descriptiva, no experimental prevalentemente cualitativa de tipo transversal, únicamente la comparación de resultados es longitudinal. El levantamiento de información es retrospectiva, aplica técnicas de documentación y la observación de campo, utilizando instrumentos como: libros, manuales de operación y mantenimiento, internet, intranet, software (AS 400 MAINTRACKER, EAM MAXIMO, SISMAC), datos operacionales, históricos de mantenimiento. La metodología determinó el análisis de la criticidad, considerando aspectos de seguridad, medio ambiente y producción, determinado que los activos físicos críticos son: el horno de crudo (CH001), caldero de vapor (Y2B701C), y compresor de aire (YC2101C); Estableció el contexto operacional actual, el análisis de modos de falla y efectos (FMEA), las consecuencias, las tareas proactivas adecuadas, y las acciones a falta de. Registradas en las hojas de información, y decisión RCM, logrando una homologación de criterios con la norma ISO 14224. Se obtuvieron resultados cuantitativos que incrementaron la confiabilidad en el orden de: caldero de vapor 5,41% horno de crudo 5,88%, compresor de aire 12,07 %. Concluyendo que la investigación desarrollada mejora la confiabilidad operacional de los activos físicos críticos. Por tanto se recomienda a autoridades, técnicos de mantenimiento y operación de Refinería Shushufindi, aplicar la metodología RCM.

Palabras claves: <MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD [RCM]> <SOFTWARE TÉCNICO [MAXIMO AEM]> <ANÁLISIS DE CRITICIDAD> <ACTIVO FÍSICO> <ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS [FMEA]> <NORMA TÉCNICA [NORMA ISO 14224]> <CONFIABILIDAD OPERACIONAL>

SUMMARY

The research developed a design of Reliability Centred Maintenance Strategy, for the physic-critical assets of Shushufindi Refinery, located in Sucumbios province. The method used is descriptive, non-experimental, prevail qualitative of traverse-type, only the results comparison is longitudinal. The information collecting process is retrospective, it is applied documentation techniques and field observations, using instruments like: books, handbooks of operation and maintenance, internet, intranet, software (AS 400 MAINTRACKER, EAM MAXIMO, SISMAC), operational data, historical of maintenance, the methodology determined the analysis of criticality, considering security aspects, environment and production, once determined the physic-critical assets are: Crude oven (CH001), steam boiler (Y2B701C), and air- compressor (YC2101C). The updated operational context established the analysis of failure mode and effect (FMEA), the consequences, the proper proactive tasks and the actions or non-actions registered in information sheets and decision RCM, achieving a harmonizing the criteria with ISO Standard 14224. Quantitative results were obtained the increased the trustworthiness in the order of: steam boiler 5.41%, crude oven 5.88%, air-compressor 12.07%. It is concluded that developed research improves the operational reliability of physic-critical assets. For this reason it is recommended to authorities, maintenance and operation technicians of Shushufindi Refinery, to apply the methodology RCM.

Key Words: <RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE [RCM]> < TECHNIQUE SOFTWARE [MAXIMUM AEM]> <CRITICALITY ANALYSIS> <PHYSICAL ASSET> <ANALYSIS OF FAILURE MODE AND EFFECT [FMEA]> < TECHNIQUE [ISO STANDARD 14224] > <OPERATIONAL RELIABILITY>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El proceso evolutivo de la industria a nivel mundial, la globalización, los avances tecnológicos, el constante aumento en la demanda de productos obliga a incrementar constantemente la producción de bienes y servicios, dentro de éstos los derivados de hidrocarburos.

Se ha puesto en evidencia la necesidad de que los activos físicos tengan un alto grado de confiabilidad operacional a fin de garantizar la productividad, que van de la mano con las leyes, reglamentación de seguridad y la protección del medio ambiente.

Esto ha obligado al mantenimiento industrial realice mejoras en la gestión de trabajo, por ello la metodología objeto de la presente investigación, permite describir y establecer una estrategia basada en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para los activos físicos críticos de Refinería Shushufindi.

La metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), inició su desarrollo y aplicación en la industria de la aviación civil, en Estados Unidos de América por finales de la década de los 70, con Stanley Nowlan y Howard Heap.

Posteriormente en la década de los 80 John Moubray y Asociados continuaron el estudio y aplicación del RCM, a otras industrias como la automotriz, servicios de (agua, luz, electricidad), constructoras, telecomunicaciones, minería, petróleo, gas, entre otras.

En la industria ecuatoriana y de América Latina ha sido poco difundida esta metodología de gestión del mantenimiento industrial, lo que ha ocasionado que se presente una baja competitividad y menor rendimiento en los procesos productivos.

La metodológica describe el método de (RCM) Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, considerando teorías de los autores como Nowlan, Heap y Moubray que se vincula con las normas internacionales para confiabilidad operacional como la SAE JA1011 e ISO 14224.

Se plantea el objetivo general, los objetivos específicos que conjuntamente con la hipótesis, permiten el desarrollo y el cumplimiento de la propuesta planteada en la investigación.

Se realiza el análisis de criticidad de los activos físicos, considerando la importancia de riesgos para la seguridad, medio ambiente y producción, de lo cual se determina que los activos más críticos de Refinería Shushufindi son: horno de crudo (CH001), caldera de vapor (Y2B701C) y compresor de aire (Y2C101C).

Se determina el análisis de modos de falla y sus efectos (AMFE), utilizando el formato de hoja de información RCM, el diagrama de decisión RCM establece las tareas propuestas, que son: tareas proactivas, que pueden ser preventivas o predictivas, tareas a condición, reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, tareas de búsqueda de fallas, rediseño obligatorio, ningún mantenimiento preventivo o la combinación de tareas.

1.1 Generalidades de la empresa.

1.1.1 *Reseña histórica*

La Refinería Shushufindi, es un complejo industrial ubicado en el cantón oriental del mismo nombre, conformado por dos (2) plantas de refinación de crudo y una (1) planta de procesamiento de gas licuado de petróleo (GLP).

Empezó a funcionar en el año 1987 procesando 10.000 barriles de petróleo por día (bpd) y en el año 1995 su capacidad operativa fue ampliada a 20.000 bpd. Por otra parte, la planta de gas fue construida en el año 1984 para procesar 25 millones de pies cúbicos de gas licuado de petróleo (GLP). Posteriormente se ejecutaron labores complementarias para captar Gas Natural (GN) de los campos petroleros adyacentes.

1.1.2 Visión

Empresa de industrialización de petróleo, de propiedad del Estado ecuatoriano, con capacidad estratégica, flexibilidad organizacional y cultura empresarial competitiva a nivel mundial, que opera con estándares internacionales de eficiencia y mantiene armonía con los recursos socio-ambientales.

1.1.3 Misión

Producir combustibles y otros derivados del petróleo con estándares de calidad mundial, preservando estrictamente el medio ambiente y contribuyendo al desarrollo productivo del Ecuador.

1.1.4 Estructura organizacional

La estructura organizacional de la empresa EP Petroecuador, de forma general se muestra en la figura 1-1

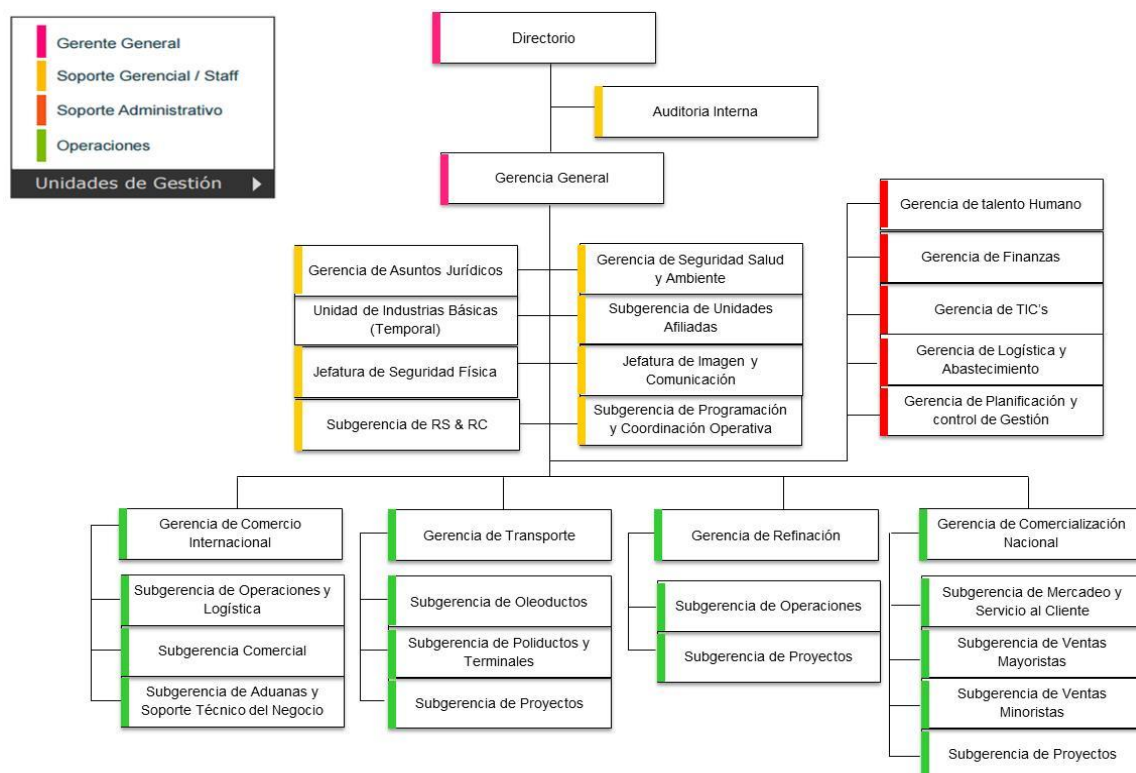


Figura 1-1. Estructura organizacional EP Petroecuador

Fuente: EP Petroecuador, 2015.

1.1.5 Descripción de la producción

La Refinería Shushufindi en sus tres plantas industriales procesa productos derivados de petróleo, descritos en la tabla 1-1.

Tabla 1-1. Producción de derivados de hidrocarburos

PRODUCCIÓN DE DERIVADOS REFINERÍA SHUSHUFINDI								
AÑO 2014								
MESES	GASOLINA EXTRA	DIESEL 1	DIESEL 2	JET FUEL	GLP	RESIDUO (c)	GASOLINA NATURAL	TOTAL
ENERO	7.124	3.868	143.985	11.079	85.490	233.225	56.278	541.049
FEBRERO	20.167	3.999	126.738	14.710	72.413	212.587	47.205	497.819
MARZO	13.704	4.229	151.298	20.266	80.260	237.671	47.571	554.999
ABRIL	12.044	4.180	122.551	12.959	77.375	200.144	39.816	469.069
MAYO	10.973	445	120.231	0	61.964	204.674	35.467	433.754
JUNIO	13.788	3.141	120.235	8.890	63.868	210.872	35.306	456.100
JULIO	12.778	0	136.466	7.082	73.202	224.592	37.244	491.364
AGOSTO	12.735	5.338	133.935	4.692	60.975	225.505	36.157	479.337
SEPTIEMBRE	13.578	0	113.006	3.409	55.110	191.863	34.451	411.417
OCTUBRE	17.943	2.976	141.931	11.962	56.052	229.154	37.240	497.258
NOVIEMBRE	12.956	5.718	134.360	13.386	61.421	236.472	43.805	508.118
DICIEMBRE	13.179	1.790	133.613	5.055	79.378	213.348	50.997	497.360
TOTAL	160.969	35.684	1.578.349	113.490	827.508	2.620.107	501.537	5.837.644
Notas:	a) Se refiere a producción en planta de derivados terminados, considera transferencias para mezclas. b) Producción que se destina al consumo de PETROAMAZONAS y a donaciones a instituciones de la zona. c) Producción de Residuo, que se reinyecta al SOTE como Crudo Residuo y se exporta como Crudo. d) Producción de Gasolina Natural, que se reinyecta al SOTE y se exporta como Crudo. e) No incluye 1'149.584 bbl de Nafta base que se envía al Terminal Beaterio.							

Fuente: Reportes de la Unidad de Programación, Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

1.2 Problema de investigación

1.2.1 Planteamiento del problema

El complejo industrial Shushufindi, se construyó con la finalidad de solventar la demanda de derivados de petróleo en el país, principalmente en la zona de influencia, provincias de Sucumbíos y Orellana. Generando derivados como el gas licuado de petróleo (GLP), gasolina extra, diésel 2, jet fuel, fuel oil 6, kerex, y una gran cantidad de residuos líquidos y gaseosos.

Para garantizar el normal desarrollo productivo de la planta industrial, se realizan actividades coordinadas de mantenimiento de los activos físicos, se cuenta con el

departamento de mantenimiento industrial, conformado por tres áreas especializadas, como son: mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico, mantenimiento de instrumentación, apoyados por la unidad de Planificación del Mantenimiento y Apoyo Técnico a la Producción (ATP).

Con estas consideraciones las actividades de mantenimiento que se realizan en la Refinería Shushufindi, están orientadas a un mantenimiento proactivo, de carácter preventivo, basado en las recomendaciones del fabricante, en históricos de fallas, y a la experiencia de los técnicos, cuya información ha sido registrada de forma inadecuada, escritas manualmente en bitácoras, y en un software conocido con el nombre de AS400 (MAIN TRACKER), actualmente deshabilitado.

Existe una carencia de información de las actividades de mantenimiento, no se dispone de registros de los costos de mantenimiento, detalles precisos de las fallas funcionales, menos aún un análisis más detallado de los modos de fallo, de sus efectos y consecuencias. Las actividades de mantenimiento predictivo, también denotan algunas falencias, el no establecer adecuadamente el cronograma, la frecuencia y el diagnóstico.

A partir de octubre del año 2014 la empresa ha implementado varios software, entre ellos el AEM MAXIMO y EBS ORACLE, que vinculan la gestión de mantenimiento y administración, éstos están en proceso de adaptación y su desarrollo es a mediano plazo, al referirse al sistema de gestión de mantenimiento EAM MAXIMO, éste tiene muy poco tiempo de implementación y sus datos no reflejan un histórico de mantenimiento.

Debido a que las tareas de mantenimiento no se encuentran vinculadas a un sistema de gestión, la presente investigación está establecida para diseñar la estrategia basado en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, que integre los mantenimientos de tipo planeado que son dirigidos a la falla, con el mantenimiento por condición, a fin de tomar las acciones correspondientes justo a tiempo.

Con las consideraciones expuestas, esta investigación determinará un modelo de gestión de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para activos físicos críticos de la Refinería Shushufindi, el esquema de distribución de los activos físicos en la plantas se muestran en el anexo A. Del análisis de criticidad se determinan los activos físicos

críticos que son, horno de crudo CH001, caldero Y2B701C, compresor de aire Y2C101C, lo que permitirá lograr los siguientes beneficios: mayor seguridad, mejora del rendimiento operacional, menores costos de mantenimiento, alargar la vida útil de los activos físicos mencionados.

El disponer de una base de datos, hará que la gestión de mantenimiento sea documentada y auditada, lo cual permitirá mejorar la motivación del personal, mejora del trabajo en equipo, lograr desarrollar una mejora en las tareas de los planes de mantenimiento proactivo, para obtener una mayor confiabilidad operacional.

La factibilidad de la presente investigación se sustenta, en la necesidad y los beneficios del diseño de la estrategia basado en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a los activos físicos críticos de la Refinería Shushufindi mencionados en los párrafos anteriores.

Este proyecto de investigación cuenta con el aval de las autoridades de Refinería Shushufindi, Superintendente General e Intendente de Mantenimiento, quienes han manifestado el interés sobre el tema y han comprometido su apoyo, con algunos recursos a ser utilizados.

Recursos humanos; personal de las diferentes áreas de la empresa, mantenimiento, producción, contratos, finanzas, administración, quienes dentro de su ámbito de competencia, experiencia, conocimientos, destrezas y habilidades colaboraron con la información solicitada.

Recursos físicos; se utilizarán las instalaciones de la Refinería Shushufindi, lugar donde se encuentran ubicados los activos físicos.

Recursos técnicos; se consideran libros, internet, software, manuales de operación y mantenimiento, datos operacionales, históricos de mantenimiento basados en registros de bitácoras.

Recursos financieros; el presupuesto que necesario para la ejecución de esta investigación fue financiada en un 100% por el maestrante.

1.1.1 *Formulación del problema*

¿Por qué diseñar una estrategia basada en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para los activos físicos críticos de la Refinería Shushufindi, que permitirá conocer de mejor manera el comportamiento de los activos físicos dentro de su contexto operacional, analizando su falla funcional, modo de falla, efecto y consecuencias de la falla, diagrama de decisión y la determinación de las mejores prácticas de mantenimiento, que garanticen la confiabilidad operacional de los activos físicos?

1.1.2 *Sistematización del problema*

¿Por qué se debe realizar el análisis de criticidad de los activos físicos planteados como críticos de la Refinería Shushufindi y la optimización en la gestión de los recursos?

Se debe establecer claramente el contexto operacional de los activos físicos considerados como críticos de la Refinería Shushufindi ¿para qué determinar su falla funcional y posible falla potencial?

¿Se considera importante realizar el análisis de modo de falla, efecto y consecuencia de la falla para cuantificar los riesgos, considerando aspectos de seguridad, medio ambiente y producción?

¿Es importante realizar los análisis de riesgo de los modos de falla presentados, para determinar el diagrama de decisión y tomar las acciones de las tareas proactivas, con la elaboración de un adecuado cronograma de mantenimiento que integre los mantenimientos planificados que son dirigidos a la falla, como el mantenimiento por condición y el mantenimiento planeado?

1.3 *Justificación de la investigación*

1.3.1 *Justificación teórica*

El planteamiento de la investigación propuesta, está basado en las técnicas avanzadas de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, que contempla el desarrollo de una

estrategia para los activos físicos críticos (horno de crudo CH001, caldero Y2B701C, compresor de aire Y2C101C) de Refinería Shushufindi, servirá en lo posterior para la aplicación en los demás activos físicos con los que cuenta esta planta industrial, para ello se debe considerar aspectos de relevancia a fin desarrollar paulatinamente mediante un estudio de análisis de criticidad adecuado.

El desarrollo industrial en el mundo ha crecido aceleradamente y con ello el desarrollo en las tendencias del mantenimiento industrial, marcándose tres generaciones definidas claramente.

La primera generación que se extiende básicamente hasta mediados de siglo XX, donde la industria no estaba mecanizada, con grandes y robustas máquinas, con mantenimiento básicamente reactivo o de reparación.

La segunda generación que va desde mediados de siglo XX, hasta mediados de los años setenta, donde la presión de las guerras y la demanda de todo tipo de bienes aumentaron la mecanización, y con ello la necesidad de mantener la disponibilidad de las máquinas, alargar vida útil de los equipos, menor costo, es cuando se inicia el mantenimiento preventivo.

En la tercera generación del mantenimiento, se desarrolla a mediados de década de los setenta hasta la actualidad, presenta nuevas expectativas, nuevas investigaciones, nuevas técnicas, para contar con mayor disponibilidad y confiabilidad de la planta, con mayor seguridad, mejor calidad del producto, ningún daño al medio ambiente, mayor vida de los equipos, mayor costo eficacia.

Para esto se utilizan nuevas técnicas como: monitoreo por condición, diseño direccionado a la confiabilidad y facilidad para el mantenimiento, estudio de riesgos, software, análisis de modos de falla, sus efectos y consecuencias, trabajo multidisciplinario y en grupos.

La presente investigación está basado en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), es una metodología utilizada para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga,

dentro de su contexto operacional, que vincula al mantenimiento de los activos físicos a un sistema de gestión de activos.

Esto permitirá conocer de mejor manera el comportamiento de los activos físicos dentro de su contexto operacional, analizando su falla funcional, modo de falla, efecto y consecuencias de la falla, que serán registrados en las hojas de decisión RCM, y posteriormente realizar el diagrama de decisión y la determinación de las mejores prácticas de mantenimiento, que garanticen la confiabilidad operacional de los activos físicos.

1.3.2 *Justificación metodológica*

La presente propuesta de investigación, se fundamenta en la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), que es una metodología de gestión de activos, desarrollada desde la década de los setenta (70) por la aviación militar de Estados Unidos de América (USA), que define las mejores prácticas para garantizar la confiabilidad de sus activos fijos físicos y controlar los efectos y consecuencias de sus falla.

Esta metodología ha evolucionado con las investigaciones de varios autores como Nowlan, Heap, Moubray, entre otros, en la década de los ochenta (80) comenzaron a trabajar en la aplicación a sectores de la minería y manufactura, en la década de los noventa (90) fueron incorporados nuevos criterios a RCM que condujo al agregado de criterios explícitos para la selección de fallas y temas de medio ambiente a los procesos de decisión.

En Agosto de 1999 la SAE publicó el estándar SAE JA1011 (Criterios de Evaluación para procesos de Mantenimiento Centrados en la Confiabilidad). Con una filosofía de gestión de mantenimiento, en el cual un equipo multidisciplinario se encarga de la confiabilidad operacional de un sistema productivo.

Establecida bajo condiciones operativas definidas, determinando actividades prioritarias en función de la criticidad de los activos, considerando los posibles efectos y

consecuencias que originan los modos de fallas, tomando en consideración la seguridad, el ambiente y las funciones de su contexto operacional.

Con estas teorías de metodología de RCM, se realiza la investigación de tipo descriptivo, para el diseño de la estrategia basada en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para activos físicos de la Refinería Shushufindi, que determina un modelo de gestión de mantenimiento, considerando aspectos de mayor seguridad, menor impacto ambiental, y mejora en la producción.

Esto permite mayor seguridad, mejora del rendimiento operacional, menores costos de mantenimiento, alargar la vida útil de los activos físicos, contar con una base de datos de gestión de activos, mejorar la motivación del personal, mejora del trabajo en equipo, y desarrollar una mejora a las tareas de mantenimiento proactivo, relacionadas al mantenimiento predictivo y preventivo.

1.3.3 *Justificación práctica*

En la Refinería Shushufindi se hace prioritario realizar una investigación de una estrategia basada en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, para activos físicos críticos, (horno de crudo CH001, caldero YB701B, compresor de aire YC101A), cuyos modos de falla, efectos y consecuencias, análisis de riesgo, diagrama de decisión, determinarán la ruta de las mejores prácticas de mantenimiento, que garanticen la confiabilidad operacional de los activos físicos de la planta industrial, que cuente con una documentación confiable, sistematizada y auditable, que sirva como pilar para una adecuada estrategia de gestión de activos.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 *Objetivo general*

Diseñar la estrategia basada en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para activos físicos críticos de la Refinería Shushufindi.

1.4.2 *Objetivo específicos*

1. Determinar la criticidad de los activos físicos (CA), (horno de crudo CH001, caldera de vapor Y2B701C, compresor de aire Y2C101C), para jerarquizar y optimizar los recursos.
2. Analizar adecuadamente los modos de falla, efectos de la falla, consecuencias de la falla (FMEA), para establecer una homologación de criterios.
3. Desarrollar una mejora a los planes de mantenimiento mediante la determinación de las tareas proactivas.

1.4.3 *Hipótesis*

El diseño de la estrategia basada en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para los activos físicos críticos de Refinería Shushufindi, permite obtener una mayor confiabilidad operacional de la planta industrial, con la determinación del análisis de las fallas funcionales, modos de falla, efectos y consecuencias de las fallas, para establecer las mejoras a los planes de mantenimiento proactivo, considerando los parámetros de mayor seguridad, menor impacto ambiental y mayor rendimiento de la producción.

Variable dependiente:

Confiabilidad de los activos físicos críticos.

Variables independientes:

Estrategia basada en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

CAPÍTULO II

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco teórico

2.1.1 *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)*

Es un proceso usado para determinar sistemática y científicamente que debe ser hecho para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan. Es una estrategia de clase mundial que lleva a mejoras rápidas, sostenidas y sustanciales en la disponibilidad y confiabilidad de planta, calidad de producto, seguridad e integridad ambiental. (Moubray IV J. M., 2004)

2.1.2 *RCM: las siete preguntas básicas*

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada? (Moubray IV J., 2004, p. 7)

Las cuatro (4) primeras preguntas se conocen como análisis de modos y efectos de falla (FMEA), técnica que es utilizada para cuantificar y clasificar las fallas que se puedan presentar, éstas son registradas en la hoja de información RCM.

Las tres (3) últimas preguntas conciernen al árbol lógico de decisiones, que permite seleccionar el mantenimiento más apropiado para cada efecto y consecuencia de los

modos de falla analizados, y su registro se realiza en la hoja de decisión. (García Palencia, 2012, p. 35)

2.1.3 *Análisis de criticidad (CA)*

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones, que permite identificar las áreas en las cuales se tendrá una mayor atención del mantenimiento en función del proceso que realiza.

Los pasos para la aplicación del análisis de criticidad son:

- Identificar los equipos.
- Definición del alcance y objetivos del estudio a realizar.
- Selección del personal a entrevistar.
- Recolección y verificación de datos.

La condición ideal es disponer de información estadística de los equipos a evaluar sea precisa, teniendo en cuenta los rangos favorables que permitan evaluar cada uno de los criterios, la información está relacionada con la frecuencia, los efectos y las consecuencias de las fallas, donde se destaca la seguridad y el respeto por el medio ambiente.

La criticidad se evalúa mediante:

Ecuación (1)

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} \times \text{Consecuencia}$$

Dónde:

La frecuencia de falla está asociada al número de eventos o fallas que se presenta en el sistema o proceso evaluado, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación, los impactos en seguridad y ambiente, en función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de falla (García Palencia, 2012, pp. 101-102)

2.1.4 *Funciones y estándares de desempeño*

Se analiza al activo físico del modo en que sus usuarios esperan dentro de su contexto operacional actual, necesitamos hacer dos cosas:

- Determinar qué es lo que los usuarios quieren que haga.
- Asegurar que es capaz de realizar aquello que los usuarios quieren que haga.

Es por esto que el primer paso del RCM es definir las funciones de cada bien en su contexto operacional, como así también los estándares de desempeño deseados, las funciones que los usuarios pretenden que sus bienes desempeñen pueden dividirse en dos categorías:

Funciones primarias: sintetizan el por qué el bien fue adquirido, esta categoría de funciones cubren temas tales como velocidad, rendimiento, capacidad de transportación o almacenamiento, calidad del producto y servicio al cliente.

Funciones secundarias: es suponer que la mayoría de los activos físicos cumpla una o más funciones adicionales además de la primera. (Moubray IV J., 2004, pp. 37-39)

2.1.5 *Fallas funcionales*

Es la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario, los aspectos más relevantes de fallas funcionales son:

- Falla total o parcial.

- Límites superiores o inferiores.
- Instrumentos de medición o indicadores.
- El contexto operacional.

Las fallas funcionales se listan en la segunda columna de la hoja de Trabajo de Información de RCM, están codificadas alfabéticamente. En la tabla 1-2 se realiza un ejemplo como debe ser llenado con las descripciones de los fallos funcionales, tomando en consideración los parámetros específicos del contexto operacional actual, que son exigidos por el usuario del activo físico. (Moubray IV J., 2004, pp. 48-55)

Tabla 1-2. Ejemplo de fallas funcionales

RCM II		SISTEMA: Turbina de 5 MW	
HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN		SUBSISTEMA: Sistema de escape	
	FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL
1	Dar salida sin restricción a todos los gases de escape calientes de la turbina hasta el punto fijo situado a 10 metros por encima del techo de la sala de turbinas.	A B C D	Totalmente incapaz de conducir el gas. Flujo de gas restringido. Incapaz de contener los gases. No puede transportar los gases a un punto situado a 10 metros por encima del techo

Fuente: Hoja de información RMC II

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

2.1.6 *Análisis de modos de falla y sus efectos (AMFE)*

Busca identificar los modos de fallas, que son más propensos a causar cada falla funcional, y a cerciorarse de los efectos que éstas tienen. Esto se logra por medio de un análisis de tipos de fallas y efectos. (AMFE), para cada falla funcional.

Un modo de falla puede ser definido como cualquier evento que causa que un activo físico (sistema o proceso) pueda fallar. Sin embargo, no es conveniente aplicar el término “falla” a un activo físico de manera general. Es mucho más preciso distinguir entre “falla funcional” (estado de falla) y “modo de falla” (un evento que podría causar un estado de falla). Esto lleva una definición de falla más precisa:

“Un modo de falla es cualquier suceso que cause una falla funcional”

La mejor manera de mostrar la conexión y distinción entre estados de fallas y los eventos que pueden causarlos, es listar primero las fallas funcionales, luego registrar los modos de fallas que pueden causar cada falla funcional (Moubray IV J., 2004, pp. 56-57).

La descripción de los modos de falla debe ser descrita de una manera adecuada, que puedan ser confiables, y brindar la posibilidad de identificar claramente la avería a los técnicos que van a intervenir en el proceso de ejecución de las tareas proactivas.

Las fallas funcionales, y sus efectos son registrados en la hoja de información del RCM, que para el ejemplo se utiliza la tabla 2-2, en la cual se describe con claridad los modos de falla para cada falla funcional, y la consecuencia que provoca a cada uno de éstos.

Tabla 2-2. Ejemplo de modos de falla

RCM II HOJA DE INFORMACIÓN			SISTEMA: Sistema de bombeo de agua de refrigeración.		
			SUB-SISTEMA:		
	FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (Causa de la falla)
1	Transferir agua desde el tanque X al tanque Y, a no menos de 800 litros por minuto.	A	Incapaz de transferir agua.	1 2 3 4 5 6	Cojinetes atascados. Impulsor loco, suelto. Impulsor trabado por cuerpo extraño. El cubo de acople falla por fatiga. Motor quemado. ... etc.
		B	Transfiere menos de 800 litros por minuto.	1 2 3	Impulsor gastado. Línea de succión parcialmente bloqueada. ... etc.

Fuente: Hoja de información RCM II

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

2.1.7 Efectos de la falla

El cuarto paso en el proceso de revisión de RCM implica enunciar que sucede cuando representa cada modo de falla. Esto se conoce como efectos de la falla. Un efecto de falla responde a la pregunta ¿qué sucede?

Una descripción de los efectos de falla debe incluir toda la información necesaria para respaldar la evaluación de las consecuencias de la falla. Específicamente cuando se describen los efectos de una falla, se debe registrar lo siguiente:

- Qué evidencias hay (de ser así) de que la falla sucedió.
- En qué medida (si así fuera) representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- De qué manera (si así fuera) afecta la producción u operaciones.
- Qué daño físico (si lo hubiera) es causado por la falla.
- Qué debe hacerse para reparar la falla.

Las fuentes e información sobre modos y efectos de falla pueden ser proporcionadas por: El fabricante o vendedor del equipo, Lista genérica de modos de falla, otros usuarios del mismo equipo, las personas que operan y mantienen el equipo. (Moubray IV J., 2004, pp. 56-93)

2.1.8 *Consecuencias de las fallas*

El impacto del fallo depende del contexto operacional del equipo, de los parámetros de funcionamiento y de los efectos físicos de cada modo de falla. Esta combinación significa que cada fallo tiene un conjunto de consecuencias específicas asociadas a cada falla.

Si las consecuencias son importantes, ya sea por posibles daños físicos, personales, medioambientales o de producción se deberán hacer importantes esfuerzos para prevenir el fallo o como mínimo para ser capaces de anticiparse y así reducir o eliminar sus consecuencias.

Las consecuencias pueden ser de diversa índole. RCM clasifica las consecuencias de los fallos como sigue:

Consecuencias ocultas o no evidentes: son las consecuencias asociadas a fallos ocultos, que exponen a las instalaciones a otros fallos cuyas consecuencias son importantes, los activos físicos funcionan en casos de emergencia con funciones de seguridad, sus fallos

tienen consecuencias ocultas, ya que solamente cuando tienen que funcionar se presenciara la consecuencia.

Consecuencias evidentes; pudiendo ser:

- Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente.
- Consecuencias operacionales: Un fallo tiene consecuencias operacionales si afecta a la operación del activo en cuanto a capacidad, calidad o costes. Incluyendo aquellas consecuencias que tienen repercusiones económicas de otra índole como indemnizaciones, multas, etc.
- Consecuencias no operacionales. Su único gasto directo es la reparación. Evaluando este costo de reparación y el de aplicar una política de mantenimiento preventivo, podrá tomarse la opción menos costosa.

2.1.9 *Las tareas de mantenimiento según RCM*

Dentro de la concepción general del RCM se consideran diferentes tipos de formas de enfrentar los diversos modos de fallos. En lo fundamental a estas formas de enfrentamiento a las consecuencias de los modos de fallos se dividen en tareas proactivas y alternativas.

En la figura 1-2 se puede observar un despliegue de ellas. Dentro de las tareas proactivas se encuentran la predictiva según la condición y preventiva. Esta última considera a su vez dos variantes que son la sustitución cíclica y la restauración cíclica.

Como parte de las tareas alternativas se cuenta con el trabajo hasta el fallo, la modificación y la búsqueda de fallos. Es importante destacar que la modificación puede ser física en el sistema o cambios en los procedimientos de operación y/o mantenimiento.

Las tareas principales y preferidas de un proceso RCM son las tareas predictivas y según la condición. Según la norma EN 13306 (2003), el mantenimiento según condición es aquel mantenimiento preventivo basado en el monitoreo del

desempeño de un sistema o de parámetros significativos para su funcionamiento y sobre el control de alertas consecuentemente determinadas.

El mantenimiento predictivo es considerado en la misma norma, como mantenimiento según condición seguido de un pronóstico derivado del análisis y de la sucesiva evaluación de parámetros significativos relacionados con el deterioro del sistema que se analiza.

La práctica más extendida es la de llegar a la primera fase del mantenimiento predictivo que es el mantenimiento según condición. Pocos en el mundo pueden demostrar una afiliación a la práctica precisa del mantenimiento predictivo. (Sexto, 2004, p. 3)

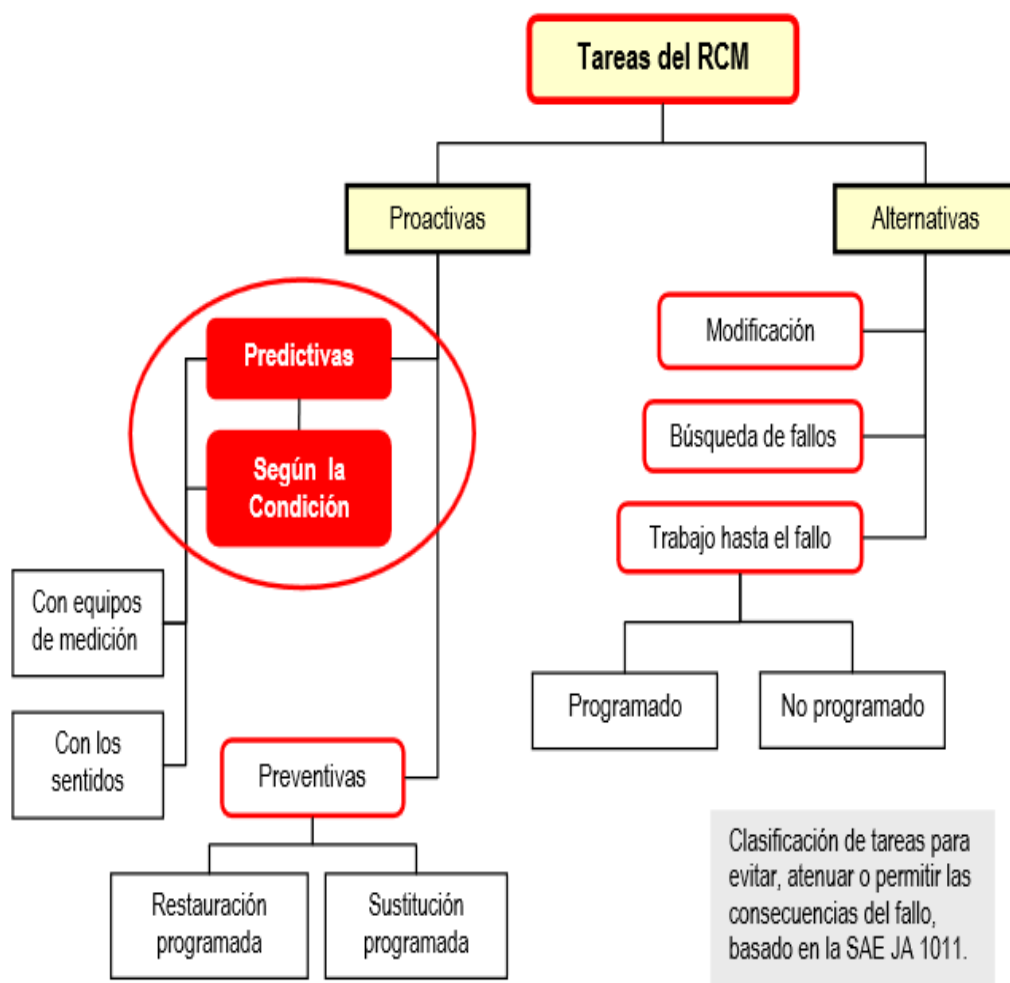


Figura 1-2. Tareas del RCM

Fuente: (Sexto, 2004, p. 3)

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, basa sus actividades en las tareas proactivas y alternativas; donde para el primer caso se refieren al mantenimiento predictivo o basado en condición y al mantenimiento preventivo.

De no encontrarse una tarea adecuada en las tareas proactivas se recurre a las tareas alternativas, que son búsqueda de fallos, rediseño obligatorio, o ningún mantenimiento programado.

2.2 Marco conceptual o epistemológico

2.2.1 *Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)*

Es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúa haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual. (Moubray IV J. M., 2004)

2.2.2 *Contexto operacional*

Circunstancias en las cuales se espera que opere un activo físico o sistema. (SAE JA1011, 1999)

2.2.3 *Análisis de criticidad*

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

El análisis de criticidad reconoce las áreas sobre las cuales se debe tener una mayor atención del mantenimiento, en función del proceso que se realiza el activo físico. (García Palencia, 2013, p. 40)

2.2.4 *Falla funcional*

Se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario. (Moubray IV J. M., 2004).

2.2.5 *Falla*

Se define falla como la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga. (Moubray IV J. M., 2004)

2.2.6 *Modo de falla*

Es cualquier evento que causa una falla funcional. (Moubray IV J. M., 2004)

2.2.7 *Efecto de falla*

Los efectos de la falla describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla. (Moubray IV J. M., 2004)

2.2.8 *Consecuencia del fallo*

Formas en las que los efectos de un modos de fallo o un fallo múltiple importan (evidencia de fallo, impacto en la seguridad, en el medio ambiente, en la capacidad operacional, en los costos de reparación directos e indirectos). (SAE JA1011, 1999).

2.2.9 *Fallo potencial*

Condición identificable que indica que un fallo funcional está a punto de ocurrir o que está en proceso de ocurrencia. (SAE JA1011, 1999)

2.2.10 *Gestión de activos*

Actividades sistemáticas y coordinadas con las cuales una organización gestiona óptima y sustentablemente sus activos físicos, su desempeño asociado, el riesgo y los gastos a lo largo de sus ciclos de vida con el propósito de lograr el plan estratégico organizacional. (PASS 55-1, 2008).

Las diversas actividades realizadas en la gestión de activos, vincula eficientemente a equipos multidisciplinarios comprometidos a lograr las metas y objetivos empresariales.

2.2.11 *Confiabilidad operacional*

Se define como una serie de procesos de mejoramiento continuo, que incorpora en forma sistemática herramientas avanzadas de diagnóstico, técnicas y metodologías de análisis, y nuevas tecnologías, para optimizar la planeación, ejecución y control de la producción industrial. (García Palencia, 2013, p. 18)

2.3 Marco empírico (espacial y temporal)

2.3.1 *Actividades de mantenimiento no planeadas*

Dentro de las actividades cotidianas, se dan muchas actividades desarrolladas, sin una planificación previa, sin programación, sin los recursos adecuados, que muchas veces son ejecutadas improvisadamente, y que varias de ellas no se ejecutan, y siguen engrosando un listado de órdenes de trabajo no ejecutadas.

2.3.2 *Tareas de mantenimiento emergente*

Son actividades casuales que son desarrolladas con el carácter de prioritario y que ponen en riesgo el contexto operacional de uno o varios activos, y consecuencia pone en riesgo la seguridad, medio ambiente o producción.

2.3.3 *Actividades rutinarias*

Estas tareas de mantenimiento son repetitivas y cotidianas, que por su naturaleza los técnicos las desarrollan con un exceso de confianza, que en muchas ocasiones conllevan el no realizar un análisis más exhaustivo a fin de determinar la causa raíz que provoca estas fallas.

Por lo expuesto se debe concienciar a los técnicos para que realicen sus actividades de una forma analítica, a fin de solucionar las fallas funcionales en la raíz del problema, evitando de esta manera la pérdida de recursos, debido a las constantes intervenciones de mantenimiento, que implican disminución de la producción y costos de mano de obra y repuestos.

2.3.4 *Reparaciones empíricas*

Son tareas desarrolladas empíricamente por técnicos con una gran experiencia, pero que no utilizan la documentación técnica ni los procedimientos adecuados. Tales casos se presentan en personal con un bajo conocimiento teórico, que ha aprendido en base a la observación y a la práctica.

El realizar las tareas de mantenimiento con estas prácticas no es la más adecuada, puesto que no conocen al detalle, el contexto operacional del activo físico, que les permitiría diagnosticar la falla de acuerdo a las condiciones operacionales.

En muchas ocasiones las reparaciones realizadas en forma empírica, arrojan resultados positivos, pero en otros casos se producen fallas infantiles en los activos físicos reparados, lo cual provoca una incertidumbre y eleva los costos de producción y mantenimiento.

2.3.5 *Herramientas tecnológicas*

Son herramientas que permiten el mejor procesamiento de la información, para un mejor y eficaz desarrollo de las actividades de mantenimiento en una planta industrial.

En la Refinería Shushufindi, se dispone de varias herramientas tecnológicas, computadores de última generación, software de gestión mantenimiento EAM MAXIMO, y de gestión administrativa y financiera EBS ORACLE.

Se dispone de herramientas de monitoreo de mantenimiento predictivo como análisis de vibraciones, termografía, ultrasonido, que determinan el estado de los activos físicos y diagnostican los modos de falla.

2.3.6 *Manejo de la información*

Esto relaciona a la información que es necesaria para los procesos mantenimiento y operación y que debe ser accesible para todos los funcionarios de la Refinería

Shushufindi, para la mejor toma de decisiones respecto de las actividades relacionadas al conocimiento del contexto operacional de los activos físicos de la planta industrial.

Esta información está disponible para los técnicos, en los manuales de operación y mantenimiento de cada planta de la Refinería Shushufindi, de acuerdo a las plantas, sistemas, subsistemas y activos físicos.

Se canaliza a través de las bibliotecas existentes, la información suministrada a través del correo corporativo de la empresa, información técnica digitalizada y acceso a páginas de internet relacionadas a los procesos de operación y mantenimiento de una refinería.

2.3.7 Capacitación

Se considera a ésta como uno de los pilares fundamentales de la continuidad exitosa y permanente de la industria, que con una adecuada capacitación del talento humano, fortaleciendo sus brechas y reforzando sus competencias.

En la Refinería Shushufindi, se cuenta con un programa anual de capacitaciones, pero que debido a que las capacitaciones se las realiza de acuerdo a las necesidades globales de la empresa, existen todavía descompensaciones en varios técnicos de mantenimiento.

CAPÍTULO III

3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología

3.1.1 *Tipo de estudio*

El presente proyecto de investigación se desarrolla en base al nivel descriptivo, partiendo de la necesidad de analizar los activos físicos de la Refinería Shushufindi.

Los parámetros de interés y que son sujetos de recolección de información constan las especificaciones técnicas, la capacidad de operación, las fallas funcionales de operación, los modos de falla, el número de eventos por año, el tiempo promedio de reparación, la severidad de los modos de falla, los efectos, la taxonomía de los modos de falla, entre otros.

La información recopilada se procesa para realizar la identificación de la criticidad de los activos físicos o sistemas, a partir de la cual se establecieron los más críticos, entre los cuales se encuentran el horno de crudo (CH001), la caldera de vapor (Y2B701C), y compresor de aire (Y2C101C).

El estudio descriptivo se complementa con el análisis de los modos de falla y sus efectos AMFE para los tres activos de mayor criticidad, mediante seguimiento de la metodología propuesta por el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad y la elaboración de las hojas de decisión RCM II que se orientan a resolver la problemática existente.

Finalmente, se establecen los niveles de confiabilidad de los sistemas y subsistemas (componentes) en el período comprendido entre los años 2010 al 2015, tomando como referente los datos históricos existentes y con el fin de conocer el comportamiento de

los indicadores de mantenimiento como la tasa de fallo por hora y la confiabilidad propiamente dicha.

El estudio realizado para llevar adelante el proyecto corresponde a un diseño investigativo de carácter no experimental, dado que no se realizó una intervención en las variables de interés, básicamente se observó la ocurrencia de los sucesos a través de una investigación de campo, que corresponden a la criticidad, modos de falla, efectos y niveles de confiabilidad en correspondencia con lo propuesto en la estrategia de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM.

La información recolectada en la investigación corresponde a un estudio retrospectivo, ya que los datos fueron recogidos de registros existentes, es decir que el investigador no tuvo la posibilidad de intervenir manipulando la información.

Además el estudio es prevalentemente transversal, en el primer caso porque se necesitó obtener información en una sola ocasión para cada parámetro de interés como en el caso de la identificación de los modos de falla de los activos físicos de las plantas, con excepción del comportamiento de como la tasa de fallo por hora y la confiabilidad de los activos y componentes (en cuyo caso es longitudinal).

Por el tipo de información, los datos son predominantemente de carácter cualitativos, que realiza un estudio metodológico en correspondencia con la metodología del RCM, aplicada en ésta investigación.

3.1.2 *Métodos*

La interpretación de los resultados obtenidos se apega a los métodos inductivo y analítico.

En el primer caso porque se observan los fenómenos tal y cual suceden para cada uno de los modos de falla, con el objeto de llegar a conclusiones de carácter general para todos los componentes y sistemas; es decir se evalúan los modos de falla de forma individual para cada uno de los sistemas críticos y a partir de allí se determina su nivel de confiabilidad general.

El método analítico se utiliza para asociar los modos de falla con los efectos respectivos, encontrándose una relación causa - efecto, en concordancia con la metodología establecida por el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

3.1.3 *Técnicas e Instrumentos para recolección de la información*

La investigación se desarrolla mediante la aplicación de las técnicas de la observación y la documentación, conforme se detalla a continuación:

La observación se realiza a través de la inspección de los activos físicos realizando al inventario técnico de las plantas, al display del Sistema de Control Distribuido (DCS).

Con lo cual se elaboran las hojas de información RCM, que identifica el análisis de modos de falla y efectos (AMFE), las hojas de decisión RCM que determina las tareas propuestas a fin de dar solución a la problemática existente.

La documentación fue muy importante, basada en la información registrada en bitácoras, en el software AS400 (MAIN TRACKER), actualmente deshabilitado y en los manuales de los fabricantes. Como este registro es preponderantemente empírico esta técnica fue complementada con la observación.

3.1.4 *Población y muestra*

La población de estudio está conformada por todos los activos físicos de las tres (3) plantas existentes en la Refinería Shushufindi (Refinería 1, Refinería 2 y Planta de gas), sumando en total quinientos setenta y ocho (578) activos.

Por tratarse de una población considerable en número, se aplica una muestra de tipo no probabilístico, en este caso mediante un muestreo de juicio, tomando en consideración las áreas de mayor relevancia para la operatividad general de la Refinería Shushufindi.

Por esa razón se considera como parte de la muestra a los tres (3) activos de mayor grado de criticidad por cada una de las áreas de la Refinería 1, los cuales son la caldera de vapor (Y2B701C), el horno de crudo (CH001) y compresor de aire (Y2C101C).

3.2 Análisis de la criticidad de los activos físicos

3.2.1 Inventario técnico de los activos físicos

La Refinería Shushufindi, cuenta con tres (3) plantas como se muestra en la tabla 1-3.

Tabla 1-3. Plantas de Refinería Shushufindi

PLANTAS DE REFINERÍA SHUSHUFINDI	
Código de Planta	Descripción Planta
R1	REFINERÍA 1
R2	REFINERÍA 2
PG	PLANTA DE GAS

Fuente: Manuales de Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

Los activos físicos por planta se detallan en el anexo A, y cantidad de activos físicos por plantas se resume en la tabla 2-3 y grafico 1-3

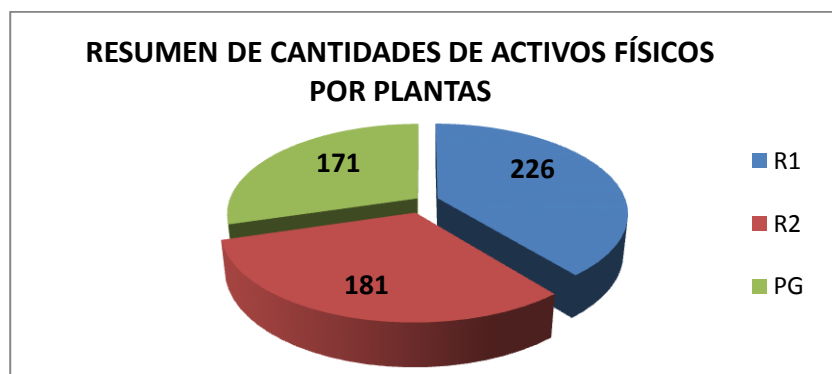
Tabla 2-3. Cantidades de activos físicos por plantas

RESUMEN DE ACTIVOS FÍSICOS POR PLANTAS	
PLANTA	CANTIDAD DE ACTIVOS
R1	226
R2	181
PG	171
TOTAL	578

Fuente: Manuales de refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

Gráfico 1-3. Cantidades de activos físicos por plantas



Fuente: Datos de la Tabla 2-3

De los resultados del inventario técnico se realiza el análisis de criticidad a los activos físicos de una planta, que es refinería Amazonas 1 (R1) y de estos se hace una clasificación por áreas y sistemas auxiliares que se muestra en la tabla 3-3.

Tabla 3-3. Áreas y sistemas auxiliares de Refinería Shushufindi

ÁREAS Y SISTEMAS AUXILIARES DE REFINERÍA 1	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
C	Área de procesos
Y1	Sistema de aire de plantas e instrumentación
Y2	Sistema de tea
Y3	Sistema de tratamiento de agua
Y4	Sistema de tratamiento de aguas residuales
Y5	Sistema de combustibles
Y6	Sistema contraincendios
Y7	Sistema de generación y de vapor y agua de alimentación
Y8	Sistemas de tanques de almacenamiento

Fuente: Manuales de refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

La clasificación de los tipos de activos físicos, es asignada por letras como se muestra en tabla 4-3.

Tabla 4-3. Codificación de los tipos de activos físicos

CODIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE ACTIVOS FÍSICOS	
Código	Descripción
A	Ventilador
E	Intercambiador de calor
B	Caldera
V	Recipiente
T	Tanque
P	Bomba
M	Motor
J	Agitador
C	Compresor
H	Horno

Fuente: Manuales de refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

Con las consideraciones de la importancia, riesgos para la seguridad, medio ambiente y producción se limita el estudio del análisis de criticidad a las áreas, sistemas y tipos de activos mostrada en la tabla 5-3.

Tabla 5-3. Áreas y sistemas críticos

ÁREAS Y SISTEMAS CRÍTICOS DE REFINERÍA 1	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
C (H, P, A)	Área de procesos (Hornos, Bombas, Ventiladores)
Y1 (C)	Sistema de aire de plantas e instrumentación(compresores de aire)
Y7 (B)	Sistema de generación de vapor y agua de alimentación (Calderas)

Fuente: Manuales de refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

3.3 Determinación de la Criticidad de los activos físicos

3.3.1 Parámetros considerados de criticidad

La valoración de los parámetros de criticidad se indica en la tabla 6-3.

Tabla 6-3. Parámetros considerados de criticidad

PONDERACIÓN DE LA FALLA FUNCIONAL	
SEVERIDAD DE LA FALLA POR PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN	
VALOR DE LA FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN DE LA FRECUENCIA
1	Menos de una hora
2	Entre una hora y ocho horas
4	Entre ocho horas y veinte y cuatro horas
8	Más de veinte y cuatro horas
SEVERIDAD DE FALLA QUE AFECTE A LA SEGURIDAD	
VALOR DE LA FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN DE LA FRECUENCIA
1	Daño o lesión
2	Lesión o desmembramiento
4	Riegos químicos o quemaduras
8	Incapacidad o muerte
SEVERIDAD DE FALLA QUE AFECTE AL MEDIO AMBIENTE	
VALOR DE LA FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN DE LA FRECUENCIA
1	Daño potencial mínimo
2	Daño potencial mediano sin problemas de tipo legal o mediático
4	Daños con problemas de tipo legal o mediático
8	Daños grandes con problemas de tipo mediático nacional e internacional

Fuente (García Palencia, Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial, Principios Fundamentales., 2012)

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

La determinación y valoración de los parámetros son ponderadas en base a un juicio de valor, es decir al criterio de la experiencia técnica, tomando en consideración aspectos como la pérdida de producción, afectación a la seguridad o al medio ambiente.

3.3.2 Determinación de la criticidad de los activos físicos

La determinación de la criticidad se muestra en la tabla 7—3.

Tabla 7-3. Determinación de la criticidad de los activos físicos

ACTIVOS FÍSICOS			SEVERIDAD DE LA FALLA				
TAG	TIPO ACTIVO FÍSICO	SERVICIO	FRECUENCIA PROMEDIO DE LA FALLA FUNCIONAL DEL ACTIVO FÍSICO POR AÑO	PERDIDA PRODUCCIÓN	DAÑOS A LA SEGURIDAD	DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE	VALORACIÓN
CA001JA	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - PRODUCTO DIESEL)	3	1	4	1	12
CA001JB	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - PRODUCTO DIESEL)	2	2	1	1	4
CA002JA	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - KEROSENE-NAPHTHA)	4	1	1	1	4
CA002JB	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - KEROSENE-NAPHTHA)	1	2	1	1	2
CA004JA	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - GASES DEL DOMO)	3	4	1	1	12
CA004JB	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - GASES DEL DOMO)	5	2	1	1	10
CA001JA	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - PRODUCTO DIESEL)	2	4	1	1	8
CH001	HORNO DE CRUDO GC BROACH	(CALENTADOR DE CRUDO)	2	8	2	4	16
CP001A	BOMBA EBARA	(BOMBA DE RESIDUOS)	4	2	2	1	8
CP001B	BOMBA EBARA	(BOMBA DE RESIDUOS)	2	4	4	1	8
CP002A	BOMBA EBARA	(BOMBA DE DIESEL RECIRCULANTE)	3	2	4	1	12
CP002B	BOMBA EBARA	(BOMBA DE DIESEL RECIRCULANTE)	5	2	2	1	10
CP003A	BOMBA EBARA	(BOMBA DEL PRODUCTO DIESEL)	1	8	4	1	8
CP003B	BOMBA EBARA	(BOMBA DEL PRODUCTO DIESEL)	4	2	2	1	8
CP004A	BOMBA EBARA	(BOMBA DE PRODUCTO KEROSENE)	5	2	2	1	10
CP004B	BOMBA EBARA	(BOMBA DE PRODUCTO KEROSENE)	1	4	4	1	4
CP005A	BOMBA EBARA	(BOMBA DE PRODUCTO NAPTA PESADA)	4	2	2	1	8
CP005B	BOMBA EBARA	(BOMBA DE PRODUCTO NAPTA PESADA)	3	2	4	1	12
CP006A	BOMBA NIKKISO	(CONDENSADO)	2	4	2	1	8
CP006B	BOMBA NIKKISO	(CONDENSADO)	6	1	2	1	12
CP007A	BOMBA EBARA	(BOMBA DE REFLUJO)	2	3	1	1	6
CP007B	BOMBA EBARA	(BOMBA DE REFLUJO)	4	2	1	1	8
CP008A	BOMBA NIKKISO	(TRANSFERENCIA DE LPG)	5	2	2	2	10
CP008B	BOMBA NIKKISO	(TRANSFERENCIA DE LPG)	6	2	2	2	12
CP009	BOMBA TEXSTEAM	(INYECTORA INHIBIDOR CORROSION)	4	2	2	2	8
CP010A	BOMBA TEXSTEAM	(INYECCION QUIMICO A DESALADORA)	5	1	2	2	10
CP010B	BOMBA TEXSTEAM	(INYECCION QUIMICO A DESALADORA)	7	1	2	2	14
CP012	BOMBA WILLIAMS	(INY. QUIMICO A DESALADORA)	6	2	2	2	12
YB701A	CALDERA TAKUMA	(GENERACION DE VAPOR)	3	4	4	2	12
YB701B	CALDERA HURST	(GENERACION DE VAPOR)	4	8	4	4	32
Y2B701C	CALDERA SUPERIOR	(GENERACION DE VAPOR)	6	8	4	4	48
YC101A	COMPRESOR AIRE INGERSOLL RAND	(AIRE PLANTAS E INSTRUMEN.)	2	8	4	4	16
YC101B	COMPRESOR AIRE INGERSOLL RAND	(AIRE PLANTAS E INSTRUMEN.)	3	8	4	1	24
Y2C101C	COMPRESOR AIRE INGERSOLL RAND	(AIRE PLANTAS E INSTRUMEN.)	5	8	2	1	40

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

La estimación de la criticidad, se realiza utilizando el inventario técnico, con consideraciones como la frecuencia de falla producida durante un año, asociadas a la severidad de falla, tomando en cuenta aspectos de pérdida a la producción, daños a la seguridad o al medio ambiente.

En la determinación de los activos físicos más críticos, se considera el máximo valor que resulta de multiplicar la frecuencia por la consecuencia que más afectación tiene.

Se obtiene como resultado que existen tres (3) activos físicos considerados como los más críticos de la Refinería 1, los cuales son: horno de crudo (CH001), caldera de vapor (Y2B701C) y compresor de aire (Y2C101C).

A estos tres (3) activos físicos, se desarrolla el diseño de la estrategia de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, en la cual se considera parámetros y condiciones específicas de análisis para cada uno, a fin de lograr el objetivo de ésta investigación.

3.4 Determinación de la estrategia RCM para la caldera de vapor (Y2B701C)

3.4.1 Contexto operacional (caldera de vapor Y2B701C)

El caldero de vapor (Y2B701C), es un activo físico que fue instalado en la Refinería Shushufindi en el año 2010, inicio su funcionamiento de forma continua desde ese mismo año.

La Refinería Shushufindi cuenta con 3 (tres) calderas de vapor, que son utilizados de forma alternada, operando 2 (dos) de los 3 (tres) de forma simultánea, la caldera de vapor restante está en stand by o es un activo físico redundante, que funciona conforme a un cronograma de rotación de equipos.

La generación de vapor necesaria para la ejecución de los procesos industriales de las tres (3) plantas con que cuenta Refinería Shushufindi, es de 7600 lb/h aproximadamente, por lo cual operan (2) dos calderas simultáneamente, en este caso operan a una capacidad inferior a la nominal de diseño, con las consideraciones de carga de trabajo que se muestra en tabla 8-3.

Tabla 8-3. Capacidad de operación calderas de vapor

GENERACIÓN DE VAPOR			
CALDERA	CAPACIDAD NOMINAL (lb/h)	CAPACIDAD REAL (lb/h)	% DE CAPACIDAD DE OPERACIÓN
YB701A	6900	0,00	0,00
YB701B	6900	3105,00	45,00
Y2B701C	6900	4498,80	65,20
TOTAL		7603,80	

Fuente: Display Panel DCS Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

La caldera Y2B701C, opera a un 65,20% de su capacidad de carga y genera 4498.8 l/h aproximadamente, bajo las condiciones que se detallan en la tabla 9-3.

Tabla 9-3. Condiciones de operación caldera de vapor (Y2B701C)

CONDICIONES OPERATIVAS CALDERA Y2B701C			
	INSTRUMENTOS	UNIDAD	VALOR PROMEDIO
VAPOR	Temperatura	°C	173
	Presión	kPa	830
	Nivel de agua	%	60
	Diferencia de presión	psi	134
AGUA	Temperatura	°C	142
FUEL (GAS)	Temperatura	°C	95
	Indicador de presión	psi	72
	Presión	psi	9

Fuente: Instrumentación caldero de vapor (Y2C701C) Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

El control del activo físico es a través del Sistema de Control Distribuido (DCS FOXFORO), apoyado en las lecturas emitidas por los instrumentos instalados en la caldera y visualizados en las pantallas del panel de control de la planta.

3.4.2 Diagrama funcional (caldera de vapor Y2B701C)

La figura 1-3 indica los parámetros del contexto operacional actual, como son: presión, temperatura, caudal, entre otros.

La figura 2-3 se muestran el esquema funcional de la caldera de vapor, con sus respectivas entradas y salidas, los elementos que intervienen en el proceso de generación de vapor.

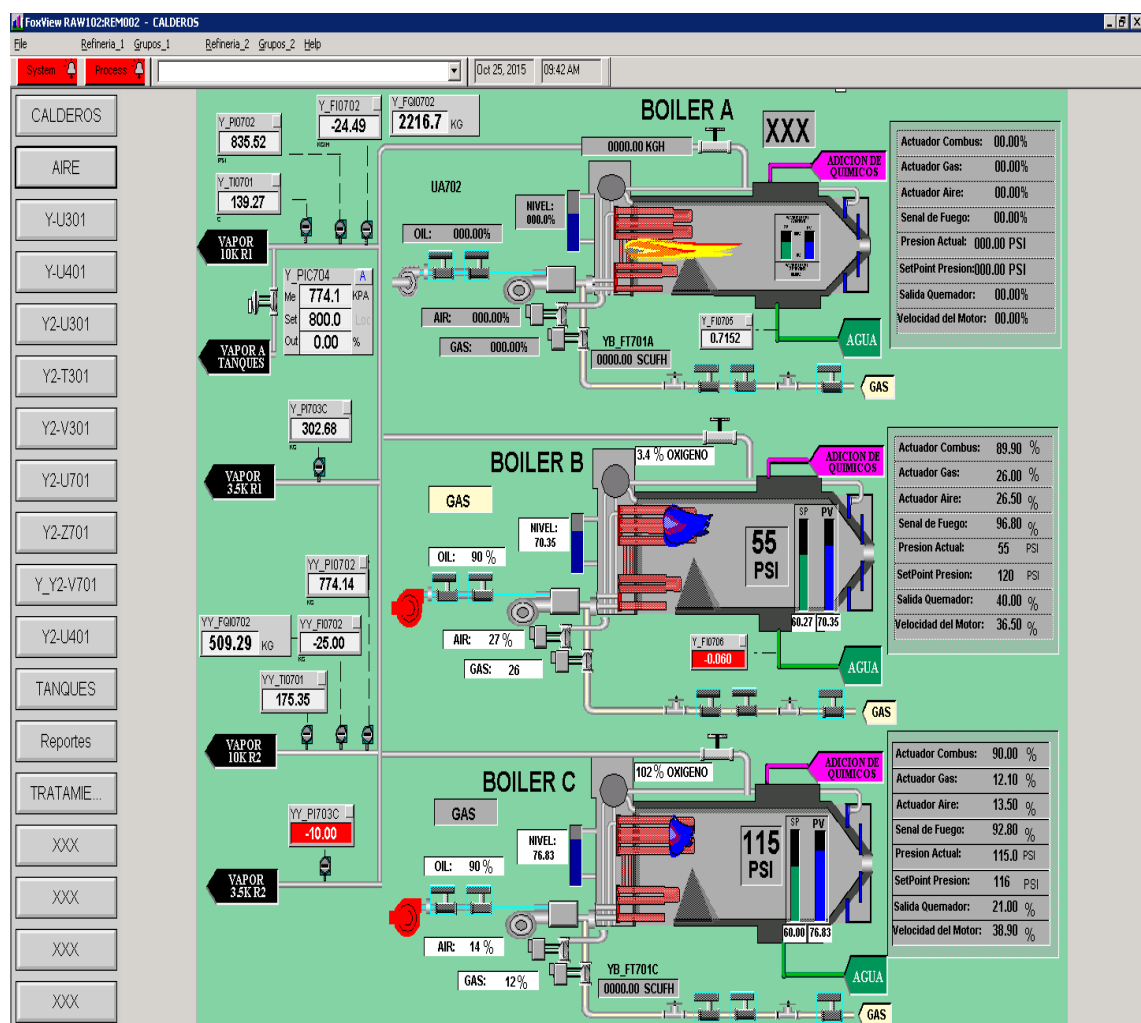


Figura 1-3. Parámetros de operación de la caldera de vapor (Y2B701C)

Fuente: Display Panel DCS Refinería Shushufindi

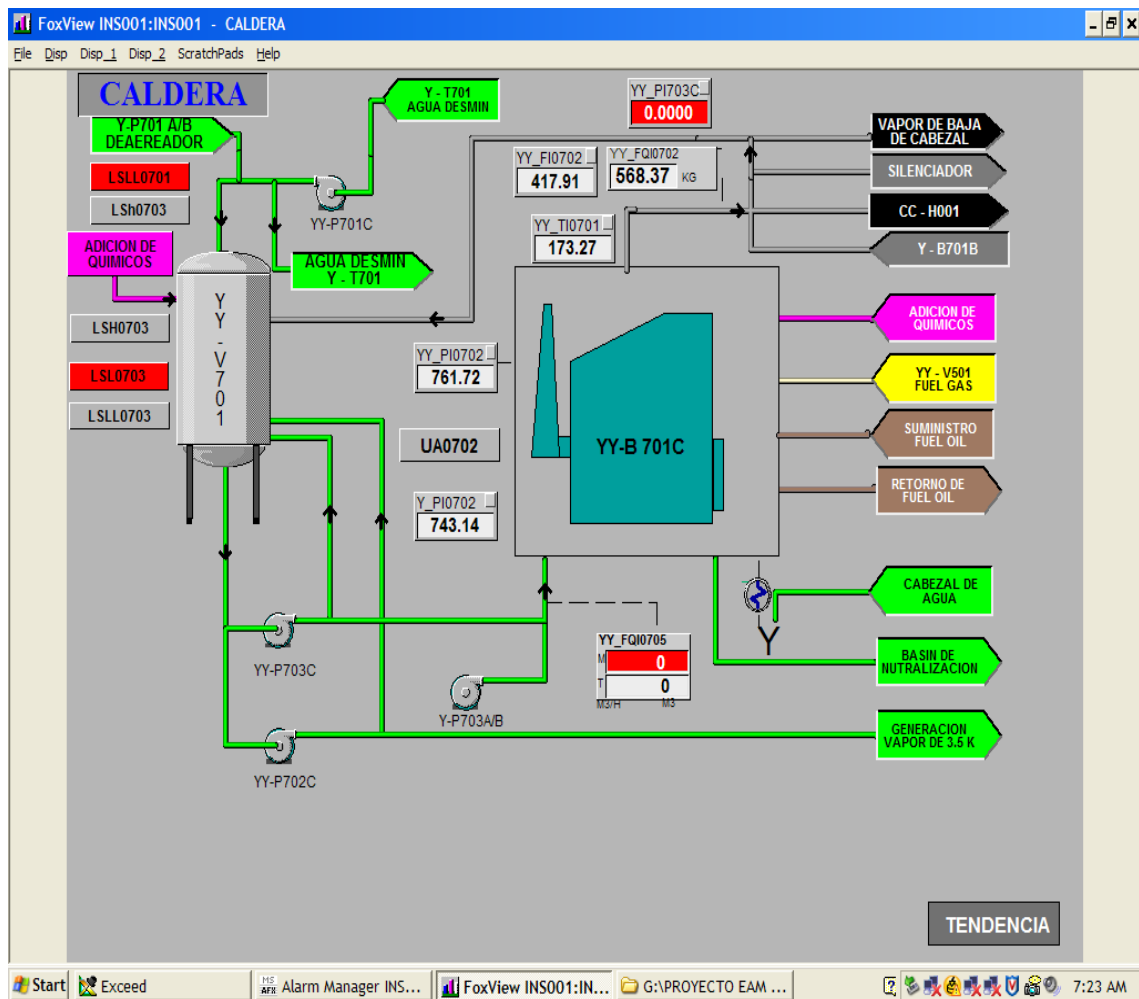


Figura 2-3: Diagrama funcional de la caldera de vapor (Y2B701C)

Fuente: Display Panel DCS Refinería Shushufindi

3.4.3 *Sistemas de la caldera (Y2B701C)*

Sistema de alimentación de agua.

Sistema de combustión.

Sistema de generación de vapor.

Sistema de control

3.4.4 *Componentes de la caldera (Y2B701C)*

La caldera de vapor, es de marca Superior y dentro de sus componentes principales consta de los siguientes: hogar, tubos de fuego, tren de combustibles, quemador, válvulas de seguridad, chimenea, entre otros. Los componentes principales de la caldera de vapor son indicados se muestran en la figura 3-3.

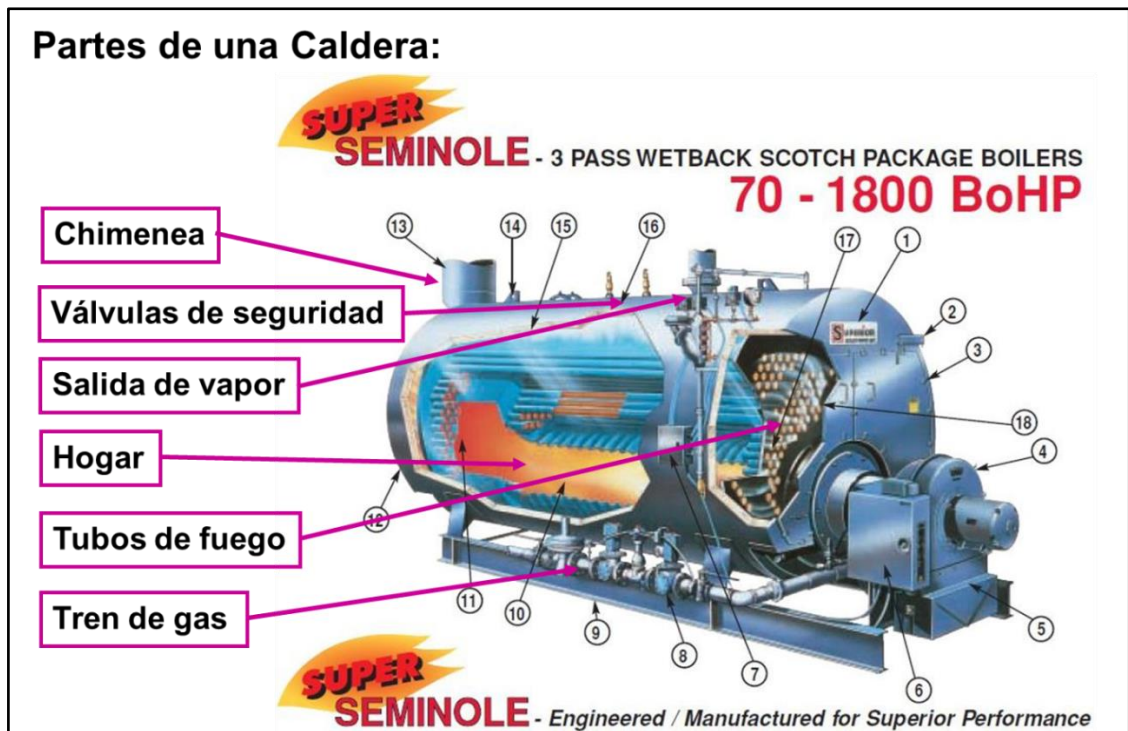


Figura 3-3. Componentes de la caldera de vapor (Y2B701C)

Fuente: Manual de operación y mantenimiento caldera de vapor (Superior)

3.4.5 *Función primaria*

Calentar el agua a fin de pasar de la fase líquida a la fase gaseosa, para generar vapor sobresaturado, a una temperatura de salida de 173 °C con una presión de 134 psi.

Un verbo

Calentar el agua.

Un objeto

Generar vapor sobresaturado

Estándar de funcionamiento

Elevar la temperatura del agua hasta 173 °C y a una presión de 134 psi.

3.4.6 *Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), caldera de vapor Y2B701C*

La recopilación de los modos de falla y efectos, son recopilados en la tabla 10.3

Tabla 10-3. AMFE Caldera Y2B701C

HOJA DE INFORMACIÓN RCM II		SISTEMA/ACTIVO		SISTEMA N°		FACILITADOR Ing. Milton Barragán E.		Fecha 30-09-2015	Hoja
		SUB-SISTEMA/COMPONENTE		SUB-SISTEMA N°					De 23
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)		MODO DE FALLA		TAXONOMÍA MODO DE FALLA CONFORME NORMA ISO 14224		EFECTOS DE LAS FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla)	
1 Caldera pirotubular									
1.1	Producir hasta 4498,8 lb/h de vapor a 173 psi y 134 °C (65,20 % de capacidad de diseño)	1.1.A	No ser capaz de producir hasta 4498,8 lb/h de vapor	1.1.A1	Falta de presión y flujo de gas combustible	PLU(Restricción total o parcial del flujo)		Disminución en la temperatura en el interior de la caldera, disminución en la generación de vapor	
				1.1.A2	Poder calorífico del gas menor al de diseño	LOO (Baja energía de salida)		Disminución de la eficiencia energética en el interior de la caldera, menor producción de vapor	
				1.1.A3	Toberas o boquillas de combustible deterioradas	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)		Flama distorsionada, puntos de contacto de flama directo al hogar, vibraciones, caída de refractario	
				1.1.A4	Fuga de vapor interna	INL (Fuga interna)		Rotura de tuberías internas, caída de presión en la salida de vapor, parada de la producción de vapor	
				1.1.A5	Ensuciamiento de los tubos de la caldera (externo e interno)	IHT(Transferencia de calor insuficiente)		Disminución de eficiencia térmica, disminución en la producción de vapor	

				1.1.A6	Presencia de hollín en el hogar de la caldera	IHT (Transferencia de calor insuficiente)	Disminución en la transferencia de calor, disminución de la producción de vapor
				1.1.A7	Descalibración o daño de dámper	PDE (desviación de parámetro)	Mala combustión, vibración en el interior, apagado de la caldera
2 Quemador dual gas – diesel							
2.1 Quemador de gas							
2.1.1	Quemar hasta 8400 MBTU/h de gas residual	2.1.1A	No ser capaz de quemar 8400 MBTU/h de gas residual	2.1.1A1	Taponamiento por impurezas en el gas residual	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución en el caudal y presión en el quemador, mala combustión, disminución de la temperatura en el interior, y reducción de la producción de vapor
				2.1.1A2	Problemas en la restricción de aire de combustión (difusores en mal estado)	ERO (Energía de salida errática)	Mala combustión, presencia de humo negro y hollín en la chimenea
				2.1.1A3	Limitación en el aire de combustión, por posición inadecuada de las compuertas (dámper) ventilador	ERO (Energía de salida errática)	Mala combustión, presencia de humo negro y hollín en la chimenea
				2.1.1A4	Desalineamiento del quemador	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Choque de la flama directa, puntos calientes en el interior, caída de refractario
		2.1.1B	Presentar forma de llama inadecuada	2.1.1B1	Problemas en la boquilla: deformación de agujeros, fisura, erosión	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Flama distorsionada, puntos de contacto de flama directo al hogar, vibraciones, caída de refractario

2.2 Quemador de diesel							
2.2.1	Quemar hasta 48 gl/h de diesel	2.2.1A	No ser capaz de quemar hasta 48 gl/h de diesel	2.2.1A1	Taponamiento de la boquilla	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución en el caudal y presión en el quemador, mala combustión, disminución de la temperatura en el interior y reducción de la producción de vapor
		2.2.1B	Presentar forma de llama inadecuada	2.2.1B1	Problemas en la boquilla: deformación de agujeros, fisura, erosión	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Flama distorsionada, puntos de contacto de flama directo al hogar, vibraciones, caída de refractario
3 Ventilador de tiro forzado							
3.1 Ventilador							
3.1.1	Suministrar el aire para la combustión	3.1.1A	No ser capaz de suministrar la cantidad de aire para la combustión	3.1.1A1	Descalibración en la compuerta (dámper)	ERO (Energía de salida errática)	Mala combustión, vibración en el interior, apagado de la caldera
				3.1.1A2	Ensuciamiento de los álabes	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Desbalanceo del ventilador, vibraciones excesivas
				3.1.1A3	Rotura de los álabes	STD (Deficiencia estructural)	Ruidos extraños, desbalanceo, daño de componentes internos del ventilador
				3.1.1A4	Aflojamiento de los tornillos del acople que sujeta el motor	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Ruido anormal, desalineamiento
3.2 Motor eléctrico del ventilador							
3.2.1	Suministrar la potencia y el torque necesario para mover el ventilador	3.2.1A	No ser capaz de suministrar la potencia y el torque necesario para mover el ventilador	3.2.1A1	Daño en el arrancador del motor	FTS (No arranca al momento de encender)	No arranca el motor eléctrico

				3.2.1A2	Defectos en el estator y/o motor: Bajo aislamiento, desbalances de cargas, de corrientes	LOO (Baja energía de salida)	Baja de la velocidad del motor, fugas de corriente, cortocircuito
		3.2.1B	Presentar altas vibraciones en la operación	3.2.1B1	Daño en los rodamientos del motor	STD (Deficiencia estructural)	Vibración excesiva
				3.2.1B2	Desalineación entre ventilador y motor	NOI (Ruido)	Ruido anormal
				3.2.1B3	Pernos de anclaje sueltos	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Ruido anormal, desalineamiento
				3.2.1B4	Desbalanceo del conjunto ventilador - motor	NOI (Ruido)	Ruido anormal
				3.2.1B5	Problemas eléctricos del motor	BRD (Colapso del motor)	Fugas de corriente, cortocircuito, no arranca
		3.2.1C	Presentar sobrecarga de corriente en la operación	3.2.1C1	Dámper muy abierto	OHE (sobrecalentamiento)	Sobrecarga, calentamiento, disparo de breaker del motor eléctrico
				3.2.1C2	Disparo de breaker de motor o del relay de sobrecarga	OHE (sobrecalentamiento)	Sobrecarga eléctrica
				3.2.1C3	Bobinado del motor defectuoso	STD (Deficiencia estructural)	Fugas de corriente, cortocircuito, no arranca
				3.2.1C4	Daño en los rodamientos del motor	STD (Deficiencia estructural)	Vibración excesiva
4 Dámper del ventilador de tiro forzado							
4.1	Regular el flujo de aire para la combustión	4.1A	No ser capaz de regular el flujo de aire para la combustión	4.1A1	Descalibración del actuador	DOP (Operación retardada)	Mala combustión
				4.1A2	Desgaste de las rotulas de las varillas de accionamiento	STD (Deficiencia estructural)	Se traba el dámper
				4.1A3	Baja presión aire de control del actuador	LOO (Baja energía de salida)	No funciona el actuador

				4.1A4	Presencia de condensado en el aire de instrumentos que afecta al actuador	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Formación de corrosión en los elementos , de traba el actuador
				4.1A5	Daño en el actuador	STD (Deficiencia estructural)	El actuador no funciona
				4.1A6	Daño en los micro switches del actuador	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No emite la señal
5 Economizador							
5.1	Precalear el agua de alimentación a la caldera	5.1A	Falta de eficiencia en la transferencia de calor	5.1A.1	Ensuciamiento de los tubos (externa y/o interna)	IHT (Transferencia de calor insuficiente)	Disminución de eficiencia térmica, disminución en la temperatura de precalentamiento del agua
				5.1A2	Deformación y o desgaste de la aletas de los tubos	STD (Deficiencia estructural)	Disminución en el intercambio de calor
5.2	Contener el agua de alimentación	5.2A	Escapes de agua a través del economizador	5.2A1	Fisura o poros (pitting) en los tubos del economizador	STD (Deficiencia estructural)	Disminución del espesor de las paredes del tubo
5.3	Contener los gases que pasan por el economizador	5.3A	Escape a la atmósfera de los gases de combustión de la caldera a través del economizador	5.3A1	Escapes a través de las juntas flexibles del economizador con la chimenea	ELU (Fuga externa del medio de servicio)	Fuga y contaminación del ambiente, reducción de la eficiencia energética
				5.3A2	Escape de gases a través de los manholes o tapas de inspección	ELU (Fuga externa del medio de servicio)	Disminución de la eficiencia térmica, contaminación ambiental
6 Paredes y tuberías de agua							
6.1	Transferir el calor de los gases de combustión al agua dentro de la caldera	6.1A	Transferencia de calor ineficiente de los gases de combustión al agua dentro de la caldera	6.1A1	Ensuciamiento interno y/o externo de los tubos	IHT (Transferencia de calor insuficiente)	Reducción del caudal y presión del agua, reducción de la eficiencia térmica
6.2	Contener el agua dentro de los tubos	6.2A	Presentar escape de agua a través de los tubos	6.2A1	Corrosión interna y/o externa, fatiga del material, sobrecalentamiento	STD (Deficiencia estructural)	Disminución del espesor de las paredes del tubo

7 válvula anti-retorno							
7.1	Evitar el contraflujo de vapor del cabezal hacia dentro de la caldera	7.1A	Permitir el paso del vapor del cabezal hacia el interior de la caldera	7.1A1	Daños en los componentes internos de la válvula (asientos, compuerta)	STD (Deficiencia estructural)	Paso de producto, no tiene sello de retorno
7.2	Contener el vapor dentro del mismo	7.2A	Presentar escape de vapor hacia la atmósfera	7.2A1	Falla en la empaquetadura de la válvula	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de fluido por la tapa de la válvula
				7.2A2	Falla en los empaques de las bridas de salida	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de fluido por los empaques de las bridas
8 Válvulas de purga continua							
8.1	Permitir la salida de sólidos del domo superior	8.1A	No Permitir la salida de sólidos del domo superior	8.1A1	Taponamiento de la válvula	PLU (Restricción parcial o total del flujo)	Restricción del flujo
				8.1A2	exceso de sólidos	FTC (No cierra cuando se da la orden)	Restricción del flujo
9 Válvulas de seguridad							
9.1 Válvula de seguridad del economizador							
9.1.1	Proteger al economizador de sobre presión	9.1.1A	No proteger al economizador de sobre presión	9.1.1A1	Válvula no abre a la presión seteada	FTO (No abre cuando hay sobre presión)	Excesivo presión en el sistema, puede hacer fallar a otro elemento
				9.1.1A2	Válvula abre a una presión inferior a la seteada	FTC (No cierra cuando se da la orden)	Deja escapar la presión interna del sistema
				9.1.1A3	Presente fuga o pase por los asientos	LCP (Fuga en la posición cerrada)	No hace sello hermético y descalibra el set de apertura de la válvula

9.2 Válvula de seguridad del separador de gas							
9.2.1	Proteger al separador de gas de sobre presión	9.2.1A	Np proteger al separador de gas de sobre presión	9.2.1A1	Válvula no abre a la presión indicada	FTO (No abre cuando hay sobre presión)	Excesivo presión en el sistema, puede hacer fallar a otro elemento
				9.2.1A2	Válvula abre a una presión inferior a la	FTC (No cierra cuando se da la orden)	Deja escapar la presión interna del sistema
				9.2.1A3	Presenta escape de gas al exterior	LCP (Fuga en la posición cerrada)	No hace sello hermético y descalibra el set de apertura de la válvula
10 Sistema de control e instrumentación							
10.1 Fotoceldas							
10.1.1	Detectar la flama en el quemador de la caldera y dar la señal de shutdown en caso de baja intensidad de radiación	10.1.1A	Presentar baja señal de 4 a 20 mA	10.1.1A1	Humedad en el circuito	AOL (Tendencia a presentar averías de tipo FTF, por ejemplo baja energía de salida)	Disminución de la corriente
				10.1.1A2	Cable sulfatado en bornera	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución de la corriente
				10.1.1A3	Cables flojos en bornera	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Corriente inestable
				10.1.1A4	Mirilla con suciedad	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No permite detectar y emitir la señal al sistema de control
10.1.2	Dar permisivo para arranque de quemador	10.1.2A	No dar permisivo para arranque de quemador	10.1.2A1	Humedad en el circuito	FTF (No funciona al momento de encender)	Disminución de la corriente

				10.1.2A2	Cable sulfatado en bornera	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución de la corriente
				10.1.2A3	Cables flojos en bornera	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Corriente inestable
				10.1.2A4	Mirilla con suciedad	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No permite detectar y emitir la señal al sistema de control
10.2 Analizador de oxígeno en gases							
10.2.1	Medir la cantidad de oxígeno en los gases	10.2.1A	No ser capaz de medir los niveles de oxígeno o dar lectura falsa	10.2.1A1	Saturación y/o ensuciamiento de la celda de zirconio	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Emite una falsa señal, y apaga la caldera
				10.2.1A2	Humedad en el circuito	FTF (No funciona al momento de encender)	Apaga la caldera por disminución de oxígeno
				10.2.1A3	Cable sulfatado en borneras	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución de la corriente
10.3 DSC							
10.3.1	Monitorear las variables del proceso	10.3.1A	No monitorear las variables del proceso	10.3.1A1	Daño en la red de comunicación	ERO (Energía de salida errática)	Ausencia o señal errónea del sistema de control
				10.3.1A2	Falla en las tarjetas	FTF (No funciona al momento de encender)	Pantallas de control invisibles

				10.3.1A3	Falla de la fuente de potencia	FTF (No funciona al momento de encender)	Disminución de la corriente
10.4 Válvula de control de nivel de agua							
10.4.1	Controlar el nivel de agua	10.3.1A	No controlar el nivel de agua	10.4.1A1	Falla en el suministro de aire comprimido	LOO (Baja energía de salida)	No funciona la regulación de la válvula
				10.4.1A2	Falla en el actuador	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No regula la válvula
				10.4.1A3	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No funciona la válvula
				10.4.1A4	Válvula trabada internamente	FTR (No regula)	No funciona la válvula
				10.4.1A5	Falla en el regulador de aire	DOP (Operación retardada)	No se regula el aire, y no se puede controlar la presión
				10.4.1A6	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución en la corriente eléctrica
				10.4.1A7	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución en la corriente eléctrica
				10.4.1A8	Falla en el controlador de la válvula	AIR (Lectura anormal de los instrumentos)	Lectura errada entre el instrumento y el sistema de control
10.4.2	Contener el agua para que no escape al ambiente	10.4.2A	Escape de agua de alimentación	10.4.2A1	Escape de agua por el bonete de la válvula	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de agua al ambiente, caída de presión en la línea

				10.4.2A2	Escape de agua por las bridas	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de agua al ambiente, caída de presión en la línea
10.5 Válvulas de control de flujo de gas							
10.5.1	Controlar el flujo de gas a la caldera	10.5.1A	No controlar el flujo de gas a la caldera	10.5.1A1	Falla en el suministro de aire comprimido	LOO (Energía de salida baja)	No funciona la regulación de la válvula
				10.5.1A2	Falla en el actuador	DOP (Tiempo de apertura/cierre retardada)	No regula la válvula
				10.5.1A3	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	STD (Deficiencia estructural)	No funciona la válvula
				10.5.1A4	Válvula trabada internamente	FTR (No regula)	No funciona la válvula
				10.5.1A5	Falla en el regulador de aire	PLU (Atascado / estrangulado)	No se regula el aire, y no se puede controlar la presión
				10.5.1A6	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	LOO (Energía de salida baja)	Disminución en la corriente eléctrica
				10.5.1A7	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	LOO (Energía de salida baja)	Disminución en la corriente eléctrica
				10.5.1A8	Falla en el controlador de la válvula	PLU (Atascado / estrangulado)	Lectura errada entre el instrumento y el sistema de control
10.5.2	Contener el gas para que no escape al ambiente	10.5.2A	Escape del gas al ambiente	10.5.2A1	Escape de gas por el bonete de la válvula	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de gas al ambiente, caída de presión en la línea
				10.5.2A2	Escape de gas por las bridas	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de gas al ambiente, caída de presión en la línea
10.6 Válvulas de control de flujo de diesel							
10.6.1	Controlar el flujo de diesel a la caldera	10.6.1A	No controlar el flujo de diesel a la caldera	10.6.1A1	Falla en el suministro de aire comprimido	LOO (Energía de salida baja)	No funciona la regulación de la válvula

				10.6.1A2	Falla en el actuador	DOP (Tiempo de apertura/cierre retardada)	No regula la válvula
				10.6.1A3	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	STD (Deficiencia estructural)	No funciona la válvula
				10.6.1A4	Válvula trabada internamente	FTR (No regula)	No funciona la válvula
				10.6.1A5	Falla en el regulador de aire	PLU (Atascado / estrangulado)	No se regula el aire, y no se puede controlar la presión
				10.6.1A6	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	LOO (Energía de salida baja)	Diminución en la corriente eléctrica
				10.6.1A7	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	LOO (Energía de salida baja)	Diminución en la corriente eléctrica
				10.6.1A8	Falla en el controlador de la válvula	PLU (Atascado / estrangulado)	Lectura errada entre el instrumento y el sistema de control
10.6.2	Contener el diesel para que no escape al ambiente	10.6.2A	Escape del diesel al ambiente	10.6.2A1	Escape de diesel por el bonete de la válvula	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de diesel al ambiente, caída de presión en la línea
				10.6.2A2	Escape de diesel por las bridas	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de diesel al ambiente, caída de presión en la línea
10.7 Switches de presión							
10.7.1	Sensar la presión y dar una alarma al panel de control	10.7.1A	Dar lectura errónea	10.7.1A1	Falso contacto, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	OWD Opera sin previa demanda	No acciona el switch
		10.7.1B	No dar comunicación al cuarto de control	10.7.1B1	Falso en conexión, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	FTF (No funciona al momento de encender)	No acciona el switch

		10.7.1C	No dar lectura al Switch	10.7.1C1	Falla del sensor	OWD Opera sin previa demanda	No emite la señal del sensor, y apaga la caldera
10.8 Switches de temperatura							
10.8.1	Sensar la temperatura y dar una alarma al panel de control	10.8.1A	Dar lectura errónea	10.8.1A1	Falso contacto, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	OWD Opera sin previa demanda	No acciona el switch
		10.8.1B	No dar comunicación	10.8.1B1	Falso en conexión, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	FTF (No funciona al momento de encender)	No acciona el switch
		10.8.1C	No dar lectura al Switch	10.8.1C1	Falla del sensor	OWD Opera sin previa demanda	No emite la señal del sensor, y apaga la caldera
10.9 Válvula de corte de gas							
10.9.1	Bloquear el flujo de gas cuando se requiere	10.9.1A	Dejar pasar gas cuando se requiere bloqueado	10.9.1A1	Paso por los asientos	LCP (Fuga en la posición cerrada)	No se corta el flujo de gas
		10.9.1B	No bloquear el flujo cuando se requiere	10.9.1B1	Daño en el actuador	FTC (No cierra cuando se da la orden)	No acciona el actuador
10.10 Válvula de corte de diesel							
10.10.1	Bloquear el flujo de diesel cuando se requiere	10.10.1A	Dejar pasar diesel cuando se requiere bloqueado	10.10.1A1	Paso por los asientos	LCP (Fuga en la posición cerrada)	No se corta el flujo de gas
		10.10.1B	No bloquear el flujo cuando se requiere	10.10.1B1	Daño en el actuador	FTC (No cierra cuando se da la orden)	No acciona el actuador
				10.10.1B2	Presencia de humedad en el aire de instrumentos, forma corrosión	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No acciona la válvula

10.11 Válvula de control de presión de diesel							
10.11.1	Controlar la presión de diesel al quemador	10.11.1A	No controlar la presión de diesel al quemador	10.11.1A1	Daño en el diafragma	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No acciona la válvula
10.12 Válvulas de control de flujo de atomización							
10.12.1	Controlar el flujo de vapor de atomización a la caldera	10.12.1A	No controlar el flujo de vapor de atomización a la caldera	10.12.1A1	Falla en el suministro de aire comprimido	LOO (Baja energía de salida)	No funciona la regulación de la válvula
				10.12.1A2	Falla en el actuador	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No regula la válvula
				10.12.1A3	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No funciona la válvula
				10.12.1A4	Válvula trabada internamente	FTR (No regula)	No funciona la válvula
				10.12.1A5	Falla en el regulador de aire	DOP (Operación retardada)	No se regula el aire, y no se puede controlar la presión
				10.12.1A6	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución en la corriente eléctrica
				10.12.1A7	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución en la corriente eléctrica
				10.12.1A8	Falla en el controlador de la válvula	AIR (Lectura anormal de los instrumentos)	Lectura errada entre el instrumento y el sistema de control

10-12-2	Contener el vapor para que no se escape al ambiente	10.12.2A	Escape de vapor al ambiente	10.12.2A1	Escape del vapor por el bonete	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de vapor al ambiente, caída de presión en la línea
				10.12.2A2	Escape de vapor por las bridas	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de vapor al ambiente, caída de presión en la línea
11 Bomba de diesel							
11.1	Impulsar el diesel desde el tanque a la caldera	11.1A	No ser capaz de impulsar el diesel desde el tanque a la caldera	11.1A1	Filtros de succión obstruidos	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Caída de presión en la succión
				11.1A2	Baja eficiencia de la bomba	ERO (Presión de flujo oscilante o inestable)	Caída de presión en la descarga
				11.1A3	Válvulas de alivio a la presión de descarga abierta, recirculando	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Cavitación de la bomba
				11.1A4	Daño en el acople	STD (Deficiencia estructural)	Disminución de la velocidad de transmisión bomba - motor
				11.1A5	Daño en el motor eléctrico	STD (Deficiencia estructural)	Parada de la bomba
				11.1A6	Problema en el arrancador del motor	STD (Deficiencia estructural)	Parada de la bomba
11.2	Contener el diesel de la bomba	11.2A	Presentar escape de diesel a la atmósfera	11.2A1	Falla en sello mecánico u o' ring	STD (Deficiencia estructural)	Fuga de producto al ambiente, parada de la bomba
11.3	Operar en condiciones óptimas	11.3A	Presentar altos niveles de vibraciones en operación	11.3A1	Desalineamiento bomba-motor	VIB (Vibración excesiva)	Excesiva vibración
				11.3A2	Desgaste o daño en los rodamientos	STD (Deficiencia estructural)	Excesiva vibración

				11.3A3	Soltura en los pernos de anclaje	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Excesiva vibración
12 Desaireador							
12.1	Extraer el oxígeno de agua de alimentación	12.1A	Presentar niveles de oxígeno alto en el agua del desaireador	12.1A1	Descontrol en el nivel de químicos alimentados al desaireador	PDE (Desviación de parámetro)	Parámetros de control de químicos de agua tratada fuera de norma
12.2	Contener el agua de alimentación	12.2A	Presentar escape y/o fuga de agua o vapor a la atmósfera	12.2A1	Falla por los empaques de bridas y manholes	ELP (Fuga del fluido primario al ambiente)	Fuga de agua tratada al ambiente, desperdicio de agua tratada
				12.2A2	Corrosión interna o externa	STD (Deficiencia estructural)	Contaminación de agua tratada, parámetros fuera de norma
13 Bomba de alimentación de agua							
13.1	Impulsar el agua de alimentación desde el desaireador a la caldera	13.1A	No ser capaz de impulsar el agua de alimentación desde el desaireador a la caldera	13.1A1	Daño en los componentes internos de la bomba: impulsor, buje, etc.	STD (Deficiencia estructural)	Bomba trabada
				13.1A2	Daño en el acople	OTH (Desgaste de componentes)	Disminución de la velocidad de transmisión bomba - motor
				13.1A3	Daño en el motor eléctrico	STD (Deficiencia estructural)	Parada de la bomba
				13.1A4	Problema en el arrancador del motor	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Parada de la bomba

13.2	Contener el agua de alimentación dentro de la bomba	13.2A	Presentar escape de agua a la atmósfera	13.2A1	Falla en sello mecánico u o' ring	STD (Deficiencia estructural)	Fuga de producto al ambiente, parada de la bomba
13.3	Operar en condiciones optimas	13.3A	Presentar altos niveles de vibraciones en operación	13.3A1	Desalineamiento bomba-motor	VIB (Vibración excesiva)	Excesiva vibración
				13.3A2	Desgaste o daño en los rodamientos	NOI (Ruido excesivo)	Excesiva vibración
				13.3A3	Soltura en los pernos de anclaje	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Excesiva vibración
14 Sistema de inyección de químicos							
14.1 Bombas de químicos							
14.1.1	Suministrar los químicos para la caldera y para el desaireador	14.1.1A	No Suministrar los químicos para la caldera y para el desaireador	14.1.1A1	Aire en el sistema	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Inyección intermitente de químicos
				14.1.1A2	Daño en los componentes internos de la bomba (pistón, válvulas check)	STD (Deficiencia estructural)	No evacua el caudal requerido
				14.1.1A3	Daño en el engranaje de la caja reductora	STD (Deficiencia estructural)	Ruido excesivo, parada de la bomba
				14.1.1A4	Daño del motor eléctrico	STD (Deficiencia estructural)	Parada de la bomba
				14.1.1A5	Problema en el arrancador del motor	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Parada de la bomba

14.2 Tanques de químicos							
14.2.1	Contener los químicos de la caldera y del desaireador	14.2.1A	Dejar escapar productos químicos al ambiente	14.1A1	Escapes por las uniones de tuberías, accesorios, válvulas	ELP (Fuga del fluido primario al ambiente)	Perdida de producto, contaminación ambiental
15 Tuberías de gas							
15.1	Conducir y contener el gas dentro de la tubería	15.1A	Presentar escape de gas y/o líquido a la atmósfera	15.1A1	Corrosión interna / externa	STD (Deficiencia estructural)	Disminución del espesor de las tuberías
				15.1A2	Fugas por la bridas, válvulas	ELP (Fuga del fluido primario al ambiente)	Fuga de producto al ambiente, caída de presión en la tubería
16 Tuberías de Diesel							
16.1	Conducir y contener el gas dentro de la tubería	16.1A	Presentar escape de gas y/o líquido a la atmósfera	16.1A1	Corrosión interna / externa	STD (Deficiencia estructural)	Disminución del espesor de las tuberías
				16.1A2	Fugas por la bridas, válvulas	ELP (Fuga del fluido primario al ambiente)	Fuga de producto al ambiente, caída de presión en la tubería
17 Tuberías de vapor							
17.1	Conducir y contener el gas dentro de la tubería	17.1 ^a	Presentar escape de gas y/o líquido a la atmósfera	17.1A1	Corrosión interna / externa	STD (Deficiencia estructural)	Disminución del espesor de las tuberías
				17.1A2	Fugas por la bridas, válvulas	ELP (Fuga del fluido primario al ambiente)	Fuga de producto al ambiente, caída de presión en la tubería

Fuente: Históricos de fallas de Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

3.4.7 Hoja de decisión RCM, Caldera Y2B701C

Del análisis del diagrama de decisión, se llena la hoja de decisión como se muestra en la tabla 11-3.

Tabla 11-3. Hoja de decisión RCM, Caldera Y2B701C

HOJA DE DECISIÓN							SISTEMA/ACTIVO							SISTEMA N°			FACILITADOR		Fecha		Hoja
							Caldera de vapor Y2C701C														
RCM II							SUB-SISTEMA/COMPONENTE							SUB-SISTEMA N°			Ing. Milton Barragán E.		01-01-2016		De
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas				Frecuencia Inicial		A realizar por		
F	FF	MF	H	S	E	O				H4	H5	S4									
1 Caldera pirotubular																					
1.1.	1.1.A	1.1.A1	S	N	N	S	S						Limpiar filtro de gas combustible	Tareas a condición	Técnico mecánico						
		1.1.A2	S	N	N	S	N	N	N	S			Realizar las pruebas de laboratorio (poder calorífico del combustible), análisis causa raíz del cambio de los parámetros del combustible; revisar los separadores de combustibles, cambiar elementos filtrantes en mal estado en la planta de gas, revisar las condiciones operacionales.	Tareas de búsqueda de fallas	Supervisores de operación, mantenimiento y laboratorio de control de calidad						
		1.1.A3	S	N	N	S	N	S					Cambio de boquillas deterioradas	Reacondicionamiento cíclico, cada 6 meses	Técnico mecánico						
		1.1.A4	N	N	N	S	S						Parada de caldera, reparación de tubos rotos mediante soldadura	Tareas a condición	Técnico mecánico y técnico de soldadura						
		1.1.A5	N	S	N	S	N	S					Realizar limpieza con agentes químicos	Reacondicionamiento cíclico, cada 2 años	Técnico mecánico						

		1.1.A6	S	N	N	S	S						Realizar limpieza interior del hogar de la caldera	Tareas a condición	Técnico mecánico
		1.1.A7	S	N	S	S	S						Calibración del dámper del ventilador del tiro forzado	Tareas a condición	Técnico mecánico
2. Quemador dual gas – diesel															
2.1 Quemador gas															
2.1.1	2.1.1A	2.1.1A1	S	N	N	S	S						Limpieza de los quemadores, líneas de gas, filtro de entrada de gas	Tareas a condición	Técnico mecánico
		2.1.1A2	S	N	N	S	N	S					Cambio de difusores	Reacondicionamiento cíclico, cada 6 meses	Técnico mecánico
		2.1.1A3	S	N	N	S	S						Regular posición de dámper	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		2.1.1A4	S	N	N	S	S						Alineación de quemador	Tareas a condición	Técnico mecánico
	2.1.1B	2.1.1B1	S	N	N	S	N	S					Cambio de boquillas de los quemadores	Reacondicionamiento cíclico, cada 6 meses	Técnico mecánico
2.2 Quemador de diesel															
2.2.1	2.2.1A	2.2.1A1	S	N	N	S	S						Limpieza de los quemadores, filtro de entrada de diesel	Tareas a condición	Técnico mecánico
	2.2.1B	2.2.1B1	S	N	N	S	N	S					Cambio de boquillas de los quemadores	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico mecánico
3 Ventilador de tiro forzado															
3.1 Ventilador															
3.1.1	3.1.1A	3.1.1A1	S	N	S	S	S						Calibración del dámper del ventilador del tiro forzado	Tareas a condición	Técnico mecánico
		3.1.1A2	N	N	N	S	S						Limpieza de los álabes del ventilador	Tareas a condición	Técnico mecánico
		3.1.1A3	S	S	N	S	S						Cambio de álabes rotos del ventilador	Tareas a condición	Técnico mecánico

		3.1.1A4	S	S	N	S	S						Ajuste de pernos que sujetan al acople del motor	Tareas a condición	Técnico mecánico
3.2 Motor eléctrico del ventilador															
3.1.2	3.2.1A	3.2.1A1	S	N	N	S	N	S					Cambio de arrancador del motor eléctrico dañado	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico
		3.2.1A2	S	N	N	S	N	S					Reparación del motor eléctrico	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico
	3.2.1B	3.2.1B1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamientos del motor	Sustitución cíclica, cada 65000 horas	Técnico eléctrico
		3.2.1B2	S	N	N	S	S						Alineación del conjunto motor - ventilador	Tareas a condición	Técnico mecánico
		3.2.1B3	S	N	N	S	S						Ajuste de pernos de anclaje flojos	Tareas a condición	Técnico eléctrico
		3.2.1B4	S	N	N	S	S						Balanceo del motor y ventilador	Tareas a condición	Técnico mecánico
		3.2.1B5	S	N	N	S	N	S					Reparación del motor eléctrico	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico
	3.2.1C	3.2.1C1	S	N	N	S	S						Regular apertura del dämper	Tareas a condición	Técnico Eléctrico y técnico de operación
		3.2.1C2	S	N	N	S	N	N	N	S			Revisión de las conexiones eléctricas, estado de los componentes eléctricos	Tarea de búsqueda de fallos	Técnico eléctrico
		3.2.1C3	S	N	N	S	N	S					Reparación del motor eléctrico	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico

		3.2.1C4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamientos del motor	Sustitución cíclica, cada 65000 horas	Técnico eléctrico
4 Dámper del ventilador de tiro forzado															
4.1	4.1A	4.1A1	S	N	N	S	S						Calibración del actuador	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		4.1A2	S	N	N	S	N	S					Cambio de las rotulas de las varillas de accionamiento	Reacondicion amiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		4.1A3	S	N	N	S	S						Revisar fugas de aire por empaques, electroválvulas en buen estado	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		4.1A4	S	N	N	S	S						Regular válvula de condensado	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		4.1A5	S	N	N	S	N	S					Cambio de actuador dañado	Reacondicion amiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		4.1A6	S	N	N	S	N	S					Cambio de los micro switches del actuador	Reacondicion amiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
5 Economizador															
5.1	5.1A	5.1A1	N	N	N	S	N	S					Sustitución de la tubería	Reacondicion amiento cíclico, cada año	Técnico de mecánico
		5.1A2	N	N	N	S	N	S					Limpieza o cambio de tubos aleteados	Reacondicion amiento cíclico, cada año	Técnico de mecánico

5.2	5.2A1	5.2A1	S	S	S	S	N	N	N	S		Realizar análisis de corrosión frecuente, medición de espesores de paredes de tuberías, búsqueda de fallas, rediseño de calidad materiales de tuberías, o mejora en la dosificación de inhibidores de corrosión	Tareas de búsqueda de fallas	Coordinación de mantenimiento mecánico, coordinación de Producción
5.3	5.3A1	5.3A1	S	S	S	S	S					Ajuste de espárragos y pernos en bridas, cambio de empaques	Tareas a condición	Técnico de mecánico
		5.3A2	S	S	S	S	S					Ajuste de espárragos y pernos en bridas, cambio de empaques	Tareas a condición	Técnico de mecánico
6 Paredes y tuberías de agua														
6.1	6.1A	6.1A1	S	S	S	S	N	N	N	S	S	Realizar análisis de corrosión frecuente, medición de espesores de paredes de tuberías, búsqueda de fallas, rediseño de calidad materiales de tuberías, o mejora en la dosificación de inhibidores de corrosión	Rediseño obligatorio	Coordinación de mantenimiento mecánico, coordinación de Producción
6.2	6.2A	6.2A1	S	S	S	S	S					Ajuste de espárragos y pernos en bridas, cambio de empaques y sellos en válvulas	Tareas a condición	Técnico de mecánico
7 Válvula entretorno														
7.1	7.1A	7.1A1	N	N	N	S	N	S				Sustitución de componentes de la válvula, rectificación y tratamiento superficial de componentes, o cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de mecánico
7.2	7.2A	7.2A1	S	N	N	S	S					Ajuste de prensa estopa , cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
8 Válvula de purga														
8.1	8.1A	8.1A1	S	N	N	S	N	S				Limpieza de válvula taponada o sustitución de válvula taponada	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de mecánico

		8.1A2	S	N	N	S	N	S						Limpieza, retiro de sólidos o sustitución de válvula taponada	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de mecánico
9 Válvulas de seguridad																
9.1 Válvula de seguridad del economizador																
9.1.1	9.1.1A	9.1.1A1	S	S	N	S	S							Calibrar válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		9.1.1A2	S	N	N	S	S							Calibrar válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		9.1.1A3	S	N	N	S	S							Prueba de hermeticidad, cambio de válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
9.2 Válvula de seguridad del separador de gas																
9.2.1	9.2.1A	9.2.1A1	S	S	N	S	S							Calibrar válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		9.2.1A2	S	N	N	S	S							Calibrar válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		9.2.1A3	S	N	N	S	S							Prueba de hermeticidad, cambio de válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
10 Sistema de control e instrumentación																
10.1 Fotoceldas																
10.1.1	10.1.1A	10.1.1A1	S	N	N	S	S							Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.1.1A2	S	N	N	S	S							Limpiar bornera y cable sulfatado	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.1.1A3	S	N	N	S	S							Ajustar bornera y cables flojos	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.1.1A4	S	N	N	S	S							Limpieza interna y externa de la mirilla	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
10.1.2	10.1.2A	10.1.2A1	S	N	N	S	S							Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación

		10.1.2A2	S	N	N	S	S						Limpiar bornera y cable sulfatado	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.1.2A3	S	N	N	S	S						Ajustar bornera y cables flojos	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.1.2A4	S	N	N	S	S						Limpieza interna y externa de la mirilla	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
10.2 Analizador de oxígeno en gases															
10.2.1	10.2.1A	10.2.1A1	S	N	N	S	S						Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.2.1A2	S	N	N	S	S						Limpiar bornera y cable sulfatado	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.2.1A3	S	N	N	S	S						Ajustar bornera y cables flojos	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
10.3 DSC															
10.3.1	10.3.1A	10.3.1A1	S	N	N	S	S						Revisión del sistema de control, del software, sistema de comunicación (modbus)	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.3.1A2	N	N	N	S	N	S					Sustitución de tarjetas electrónicas dañadas	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		10.3.1A3	S	N	N	S	S						Revisión de la fuente de potencia, cables flojos, sulfata)dos, rotos	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
10.4 Válvula de control de nivel															
10.4.1	10.4.1A	10.4.1A1	S	N	N	S	S						Revisión del sistema de aire de instrumentos, fugas de aire, cañerías rotas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.4.1A2	S	N	N	S	S						Revisión del diafragma, atascamiento del mecanismo de control	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.4.1A3	N	N	N	S	N	S					Sustitución de componentes de la válvula, rectificación y tratamiento superficial de componentes, o cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación

		10.4.1A4	N	N	N	S	N	S					Reparación de válvula, cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		10.4.1A5	S	N	N	S	S						Revisión del regulador de aire	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.4.1A6	S	N	N	S	S						Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.4.1A7	S	N	N	S	S						Ajuste de cables de alimentación flojos, limpieza de cables sulfatados	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.4.1A8	S	N	N	S	S						Revisión de la calibración del controlador de la válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
10.4.2	10.4.2A	10.4.2A1	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.4.2A2	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
10.5 Válvulas de control de flujo de gas															
10.5.1	10.5.1A	10.5.1A1	S	N	N	S	S						Revisión del sistema de aire de instrumentos, fugas de aire, cañerías rotas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.5.1A2	S	N	N	S	S						Revisión del diafragma, atascamiento del mecanismo de control	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.5.1A3	N	N	N	S	N	S					Sustitución de componentes de la válvula, rectificación y tratamiento superficial de componentes, o cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		10.5.1A4	N	N	N	S	N	S					reparación de válvula, cambio de válvula	Reacondicionamiento	Técnico de instrumentación
		10.5.1A5	S	N	N	S	S						Revisión del regulador de aire	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.5.1A6	S	N	N	S	S						Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.5.1A7	S	N	N	S	S						Ajuste de cables de alimentación flojos, limpieza de cables sulfatados	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.5.1A8	S	N	N	S	S						Revisión de la calibración del controlador de la válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación

10.5.2	10.5.2A	10.5.2A1	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.5.2A2	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
10.6 Válvulas de control de flujo de diesel															
10.6..1	10.6.1A	10.6.1A1	S	N	N	S	S						Revisión del sistema de aire de instrumentos, fugas de aire, cañerías rotas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.6.1A2	S	N	N	S	S						Revisión del diafragma, atascamiento del mecanismo de control	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.6.1A3	N	N	N	S	N	S					Sustitución de componentes de la válvula, rectificación y tratamiento superficial de componentes, o cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		10.6.1A4	N	N	N	S	N	S					Reparación de válvula, cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		10.6.1A5	S	N	N	S	S						Revisión del regulador de aire	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.6.1A6	S	N	N	S	S						Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.6.1A7	S	N	N	S	S						Ajuste de cables de alimentación flojos, limpieza de cables sulfatados	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.6.1A8	S	N	N	S	S						Revisión de la calibración del controlador de la válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
10.6.2	10.6.2A	10.6.2A1	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.6.2A2	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
10.7 Switches de presión															
10.7.1	10.7.1A	10.7.1A1	S	N	N	S	S						Revisión de los contactos, calibración, humedad en las conexiones eléctricas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
	10.7.1B1	10.7.1B1	S	N	N	S	S						Revisión de los contactos, calibración, humedad en las conexiones eléctricas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación

	10.7.1C1	10.7.1C1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de sensor dañado	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
10.8 Switches de temperatura															
10.8.1	10.8.1A	10.8.1A1	S	N	N	S	S						Revisión de los contactos, calibración, humedad en las conexiones eléctricas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
	10.8.1B1	10.8.1B1	S	N	N	S	S						Revisión de los contactos, calibración, humedad en las conexiones eléctricas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
	10.8.1C1	10.8.1C1	S	N	N	S	N	S					Cambio de sensor dañado	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
10.9 Válvula de corte de gas															
10.9.1	10.9.1A	10.9.1A1	S	N	N	S	N	S					Reparación y cambio de componentes de la válvula, cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
	10.9.1B	10.9.1B1	S	N	N	S	N	S					Revisión del diafragma, atascamiento del mecanismo de control	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
10.10 Válvula de corte de diesel															
10.10.1	10.10.1A	10.10.1A1	S	N	N	S	N	S					Reparación y cambio de componentes de la válvula, cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
	10.10.1B1	10.10.1B1	S	N	N	S	N	S					Revisión del diafragma, atascamiento del mecanismo de control	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		10.10.1B2	S	N	N	S	N	N	N	S			Análisis causa raíz del modo de falla, revisar el secador de aire de instrumentos	Tarea de búsqueda de fallos	Técnico de instrumentación

10.11 Válvula de control de presión de diesel																
10.11.1	10.11.1A1	10.11.1A1	S	N	N	S	N	S						Sustitución del diafragma	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
10.12 Válvulas de control de flujo de atomización																
10.12.1	10.12.1A1	10.12.1A1	S	N	N	S	S							Revisión del sistema de aire de instrumentos, fugas de aire, cañerías rotas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.12.1A2	S	N	N	S	S							Revisión del diafragma, atascamiento del mecanismo de control	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.12.1A3	N	N	N	S	N	S						Sustitución de componentes de la válvula, rectificación y tratamiento superficial de componentes, o cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		10.12.1A4	N	N	N	S	N	S						Reparación de válvula, cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		10.12.1A5	S	N	N	S	S							Revisión del regulador de aire	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.12.1A6	S	N	N	S	S							Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.12.1A7	S	N	N	S	S							Ajuste de cables de alimentación flojos, limpieza de cables sulfatados	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.12.1A8	S	N	N	S	S							Revisión de la calibración del controlador de la válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
10.12.2	10.12.2A7	10.12.2A1	S	N	N	S	S							Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		10.12.2A2	S	N	N	S	S							Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
11 Bomba de diesel																
11.1	11.1A	11.1A1	S	N	N	S	S							Limpieza de filtro	Tareas a condición	Técnico mecánico

		11.1A2	N	N	N	S	N	S					Reparación de válvula check, cambio de válvula check	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico mecánico
		11.1A3	S	N	N	S	S						Revisión de la condición de la válvula, calibración de la válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		11.1A4	N	N	N	S	N	S					Reparación de acople, cambio de acople	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico mecánico
		11.1A5	N	N	N	S	N	S					Reparación de motor eléctrico, cambio de motor eléctrico	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico mecánico
		11.1A6	S	N	N	S	N	S					Cambio de arrancador del motor eléctrico dañado	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico
11.2	11.2A	11.2A1	S	N	S	S	N	S					Reparación o cambio de sello mecánico	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico
11.3	11.3A	11.3A1	S	N	N	N	S						Alineación de bomba-motor	Tareas a condición	Técnico de mecánico
		11.3A2	S	N	N	N	N	N	S				Cambio de rodamientos	Sustitución cíclica, cada 65000 horas	Técnico de mecánico
		11.3A3	S	N	N	N	S						Ajuste de pernos de anclaje	Tareas a condición	Técnico de mecánico
12 Desaireador															
12.1	12.1A	12.1A1	S	S	S	S	N	N	N	S			Realizar análisis de corrosión frecuente, medición de espesores de paredes del recipiente, búsqueda de fallas, rediseño de calidad materiales de recipiente, o mejora en la dosificación de inhibidores de corrosión	Tareas de búsqueda de fallas	Coordinación de mantenimiento mecánico, coordinación de Producción

12.2	12.2A	12.2A1	S	S	S	S	S						Ajuste de espárragos y pernos en bridas, cambio de empaques.	Tareas a condición	Técnico de mecánico
		12.2A2	S	S	S	S	S						Ajuste de espárragos y pernos en bridas, cambio de empaques.	Tareas a condición	Técnico de mecánico
13 Bomba de alimentación de agua															
13.1	13.1A	13.1A1	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		13.1A2	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		13.1A3	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		13.1A4	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
13.2	13.2A	13.2A1	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
13.3	13.3A	13.3A1	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		13.3A2	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		13.3A3	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
14 Sistema de inyección de químicos															
14.1 Bombas de químicos															
14.1	14.1A	14.1A1	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		14.1A2	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		14.1A3	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		14.1A4	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación

		14.1A5	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
14.2 Tanques de químicos															
14.2.1	14.2A	14.2A1	S	S	S	S	N	N	N	S	S		Realizar análisis de corrosión frecuente, medición de espesores de paredes de tuberías, búsqueda de fallas, rediseño de calidad materiales de tuberías, o mejora en la dosificación de inhibidores de corrosión	Rediseño obligatorio	Coordinación de mantenimiento mecánico, coordinación de Producción
15 Tuberías de gas															
15.1	15.1A	15.1A1	S	S	S	S	N	N	N	S	S		Realizar análisis de corrosión frecuente, medición de espesores de paredes de tuberías, búsqueda de fallas, rediseño de calidad materiales de tuberías, o mejora en la dosificación de inhibidores de corrosión	Rediseño obligatorio	Coordinación de mantenimiento mecánico, coordinación de Producción
		15.1A2	S	S	S	S	S						Ajuste de espárragos y pernos en bridas, cambio de empaques y sellos en válvulas	Tareas a condición	Técnico de mecánico
16 Tuberías de diesel															
16.1	16.1A	16.1A1	S	S	S	S	N	N	N	S	S		Realizar análisis de corrosión frecuente, medición de espesores de paredes de tuberías, búsqueda de fallas, rediseño de calidad materiales de tuberías, o mejora en la dosificación de inhibidores de corrosión	Rediseño obligatorio	Coordinación de mantenimiento mecánico, coordinación de Producción
		16.1A2	S	S	S	S	S						Ajuste de espárragos y pernos en bridas, cambio de empaques y sellos en válvulas	Tareas a condición	Técnico de mecánico
17 Tuberías de vapor															
17.1	17.1A	17.1A1	S	S	S	S	N	N	N	S	S		Realizar análisis de corrosión frecuente, medición de espesores de paredes de tuberías, búsqueda de fallas, rediseño de calidad materiales de tuberías, o mejora en la dosificación de inhibidores de corrosión	Rediseño obligatorio	Coordinación de mantenimiento mecánico, coordinación de Producción
		17.1A2	S	S	S	S	S						Ajuste de espárragos y pernos en bridas, cambio de empaques y sellos en válvulas	Tareas a condición	Técnico de mecánico

Fuente: Históricos de fallas de Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

3.5 Determinación de la estrategia RCM para el (horno de crudo CH001)

3.5.1 Contexto operacional (horno de crudo CH001)

El horno de crudo, es un activo físico que fue construido en el año de 1986 y entró en operación en el siguiente año, es decir que lleva en operación 28 años consecutivos, es de tipo cabina, dispuesta con serpentines de tubería en forma horizontal, cuenta con cuatro (4) quemadores, dos (2) en cada extremo de las paredes verticales del lado Norte y Sur.

Este activo físico consta de dos (2) zonas de transferencia de calor, que son zona de radiación y zona de convección; la primera que transfiere el calor por medio de la flama en la cámara de combustión a los tubos de radiación en forma de serpentín que están sujetos en las paredes laterales del horno, en cuyo interior circula el crudo; la segunda zona denominada convección cuenta con dos (2) haz de tubos, por los cuales circulan por un lado el crudo y por el otro vapor.

Este activo físico no tiene back up, opera las 24 horas del día, durante los 365 días del año, en condiciones ambientales de clima cálido húmedo, con una temperatura ambiente que varía entre 19 °C y 36 °C, con un promedio de 26 °C y una humedad del 93%.

El horno de crudo, recibe una carga de producto de 10000 bpd, que ingresa desde el intercambiador de calor a una temperatura promedio de 98 °C, eleva la temperatura del crudo a un rango de 330 °C y 370 °C, en la cual se convierten en gases de hidrocarburos previo a entrar a la torre de destilación CV001.

Los quemadores del horno son de tiro forzado, que pueden funcionar con dos tipos de combustible independientes uno de otro, que son gas o fuel oil, en el actual contexto operacional del activo físico está operando con gas, con un consumo de combustible en los quemadores de 1121 m³/h de gas.

Cuando la operación es con combustible fuel oil, la combustión es una mezcla distribuida de combustible, aire y vapor; para ambos combustibles la temperatura en el

interior del horno de 714.80 °C, y en la salida de los gases por la chimenea es de temperatura de 578,14 °C.

El vapor utilizado proviene desde las calderas de vapor YB701A, YB701B, o Y2B701C, y es necesario un caudal de 543,82 m³/h, a una presión de 50,93 psi. a una temperatura de 180 °C.

El sistema de control del horno se realiza a través del Sistema de Control Distribuido (DCS FOXFORO), con las lecturas de los instrumentos instalados en la planta y la visualización en las pantallas del panel de refinería.

3.5.2 Datos del activo físico (horno de crudo CH001)

Los datos del activo físico (horno de crudo CH001), se muestran en la tabla 12-3

Tabla 12-3. Datos del activo físico (horno de crudo CH001)

ID EQUIPO	CH001		
DESCRIPCIÓN	HORNO DE CRUDO		
SERVICIO	CALENTAMIENTO DE CRUDO		
TIPO	HORIZONTAL		
MARCA	OPTIMIZED PROCESS FURNACES (OPF)		
AÑO DE FABRICACIÓN	1986		
CODIGOS DE FABRICACIÓN	ASME SECC VIII, DIV 1		
DATOS DE OPERACIÓN			
CONDICIONES DEL CRUDO			
Temperatura	°C	237	357
Presión	kg/cm ²	11,8	1,8
Flujo de liquido	kg/h	57595	29238
Flujo de vapor	kg/h	-----	28357

Gravedad específica		31,1	19,31
Viscosidad	cps	0,42	1,07
Calor específico	(kcal/kg °C)	0,651	----
CONDICIONES DEL VAPOR			
Temperatura	°C	186	241
Flujo de liquido	kg/h	----	----
Flujo de vapor	kg/h	805	805
CONDICIONES DEL COMBUSTIBLE			
Tipo de combustible		GAS	
Valor calentamiento	kJ/m ³	37380	411000
Temperatura min.	°C	15	101
Viscosidad at 100 °C	cps	----	50
Presión máx.	kg/cm ²	9,5	8,7
Contenido de vanadio	ppm	----	215
Contenido de azufre	ppm	----	1,3
CONDICIONES MECÁNICAS			
		CRUDO	VAPOR
Temperatura diseño	°C	482	343
Presión de diseño	kg/cm ²	17,6	14
Corrosión p. Tubos	mm	3,18	3,18
Prueba hidrostática	kg/cm ²	77	77
Diámetro del tubo	mm	141,3	141,3
Longitud del tubo	mm	10683	10683
Número de tubos		32	10
Material del tubo	ASTM	A-335	A-335
INFORMACIÓN ADICIONAL			
Dibujos / fabricante	TOMO VI		

Fuente: Manuales de operación y mantenimiento de Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

3.5.3 Diagrama funcional (horno de crudo CH001)

El esquema de las entradas y salidas se muestra en la figura 4-3, la lista de partes y componentes se muestran en el anexo C.

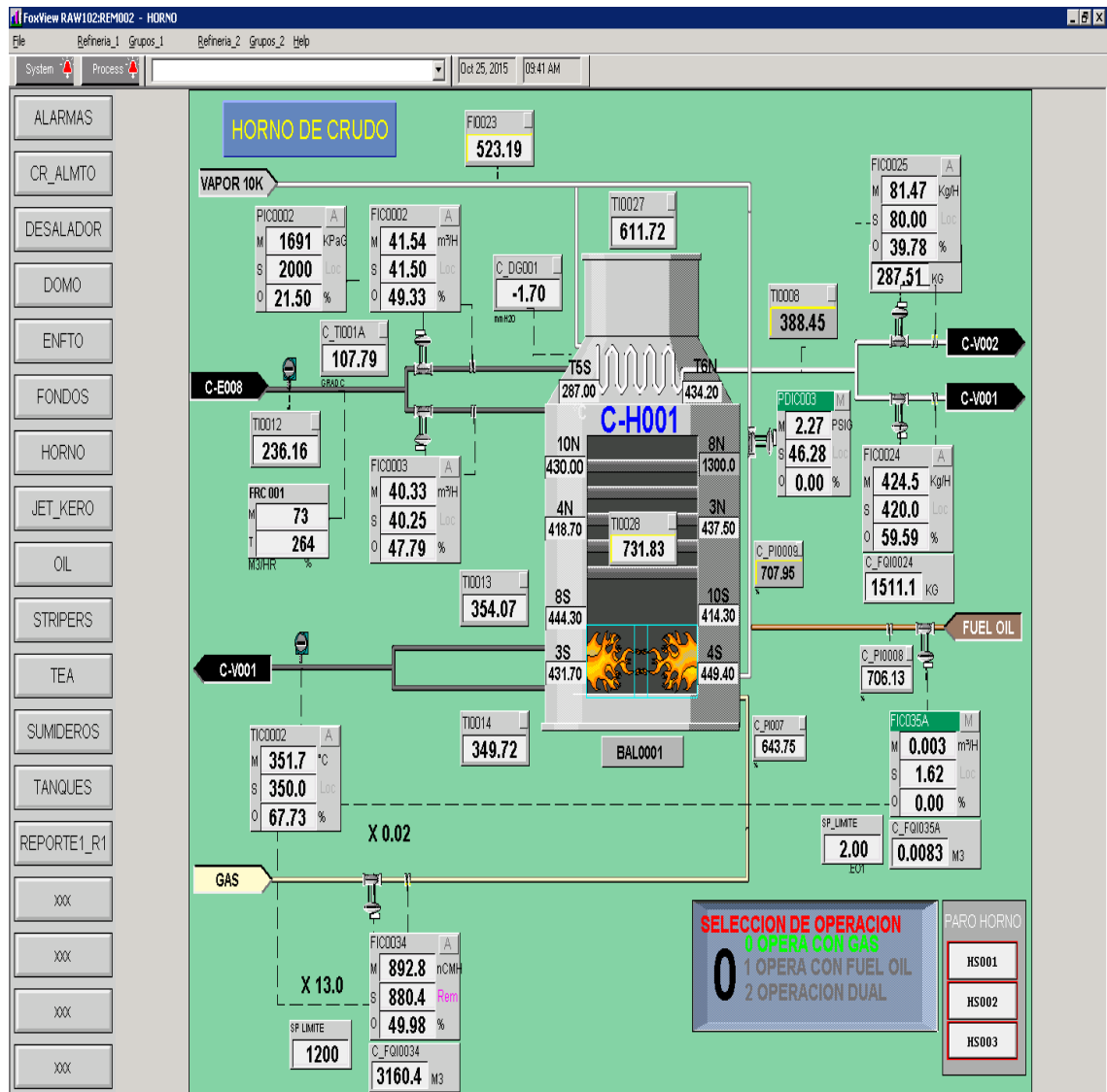


Figura 4-3. Diagrama funcional (horno de crudo CH001)

Fuente: Display panel DCS Refinería Shushufindi

3.5.4 Sistemas del horno de crudo

- Sistema de Alimentación de petróleo crudo.
- Sistema de combustión.
- Sistema de control.

3.5.5 *Función primaria*

Calentar el petróleo crudo, para convertir en gases de hidrocarburos, elevando la temperatura mínima que varía entre 330 y 370 °C.

Un verbo

Calentar el petróleo crudo.

Un objeto

Conversión de gases de hidrocarburos.

Estándar de funcionamiento

Elevar la temperatura desde 98°C, hasta una temperatura que oscila entre 330 a 370 °C.

3.5.6 *Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), horno de crudo CH001*

El levantamiento de la información de los modos de falla y efectos (AMFE), se realiza mediante un análisis apropiado, acorde a la información obtenida de los históricos de mantenimiento de los últimos seis años, y los efectos que han causados a la operación dentro del contexto operacional.

La determinación de estas condiciones se debe realizar con una objetividad clara al momento de listar las funciones, las fallas funcionales, los modos de fallas y los efectos que estos ocasionan.

La información referente al análisis e modos de falla y efectos (AMFE), se registran en la hoja de información RCM, de una forma lógica y coherente, a fin de que sea consistente y confiable.

Por lo tanto ésta pueda ser utilizada por los técnicos de mantenimiento y operación, y a la vez sirva como un documento habilitante para futuras auditorias de mantenimiento, este levantamiento de información se registra en la tabla 13-3.

Tabla 13-3. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), horno de crudo CH001

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA/ACTIVO		SISTEMA N°		FACILITADOR Ing. Milton Barragán E.		Fecha 15-10-2015		Hoja		
		SUB-SISTEMA/COMPONENTE		SUB-SISTEMA N°						De 19		
FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)			MODO DE FALLA			TAXONOMÍA MODO DE FALLA CONFORME NORMA ISO 14224		EFECTOS DE LAS FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla)	
1 Horno de crudo												
1.1	Convertir 10000 bpd de crudo, en gases de hidrocarburo, desde una temperatura de 98 °C, y elevar la temperatura en un rango de 330 °C y 370 °C		1.1.A	No ser capaz de convertir 10000 bpd de crudo, en gases de hidrocarburo, desde una temperatura de 98 °C, y elevar la temperatura en un rango de 330 °C y 370 °C		1.1.A1	Falta de presión y flujo de gas combustible	PLU(Restricción total o parcial del flujo)		Disminución en la temperatura en el interior del horno, disminución en la cantidad de cambio de fase liquida a solida de hidrocarburos		
						1.1.A2	Poder calorífico del gas menor al de diseño	LOO (Baja energía de salida)		Disminución de la eficiencia energética en el interior del horno		
						1.1.A3	Toberas o boquillas de combustible deterioradas	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)		Flama distorsionada, puntos de contacto de flama directo a los tubos de radiación, caída de refractario		
						1.1.A4	Fuga de calor en el interior	INL (Fuga interna)		Reducción de la temperatura en el interior del horno		

				1.1.A5	Ensuciamiento de los tubos del horno (externo e interno)	IHT (Transferencia de calor insuficiente)	Disminución de eficiencia térmica, disminución en la producción de gases de hidrocarburos
				1.1.A6	Presencia de hollín en el interior del horno	IHT (Transferencia de calor insuficiente)	Disminución en la transferencia de calor, disminución de la producción de gases de hidrocarburos
				1.1.A7	Descalibración o daño de dämper	PDE (desviación de parámetro)	Mala combustión, vibración en el interior, apagado del quemador del horno
				1.1.A8	Daño en el aislamiento térmico	IHT (Transferencia de calor insuficiente)	Puntos de temperatura elevada en las paredes del horno
2 Quemador dual gas – fuel oil							
2.1 Quemador de gas							
2.1.1	Quemar hasta 6694280 BTU/h de gas residual	2.1.1A	No ser capaz de quemar hasta 6694280 BTU/h de gas residual	2.1.1A1	Taponamiento por impurezas en el gas residual	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución en el caudal y presión en el quemador, mala combustión, disminución de temperatura en el interior y reducción de la producción de vapor
				2.1.1A2	Problemas en la restricción de aire de combustión (difusores en mal estado)	ERO (Energía de salida errática)	Mala combustión, presencia de humo negro y hollín en la chimenea

				2.1.1A3	Limitación en el aire de combustión, por posición inadecuada de las compuertas (dámper) ventilador	ERO (Energía de salida errática)	Mala combustión, presencia de humo negro y hollín en la chimenea
				2.1.1A4	Desalineamiento del quemador	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Choque de la flama directa, puntos calientes en el interior, caída de refractario
		2.1.1B	Presentar forma de llama inadecuada	2.1.1B1	Problemas en la boquilla: deformación de agujeros, fisura, erosión	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Flama distorsionada, puntos de contacto de flama directo al hogar, vibraciones, caída de refractario
2.2 Quemador de fuel oil							
2.2.1	Quemar hasta 66994280 BTU/h de diesel	2.2.1A	No ser capaz de quemar hasta 66994280 BTU/h de diesel	2.2.1A1	Taponamiento de la boquilla	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución en el caudal y presión en el quemador, mala combustión, disminución de la temperatura en el interior y reducción de la producción de gases de hidrocarburos
		2.2.1B	Presentar forma de llama inadecuada	2.2.1B1	Problemas en la boquilla: deformación de agujeros, fisura, erosión	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Flama distorsionada, puntos de contacto de flama directo a los tubos de radiación, vibraciones, caída de refractario
3 Ventilador de tiro forzado							
3.1 Ventilador							
3.1.1	Suministrar el aire para la combustión	3.1.1A	No ser capaz de suministrar la cantidad de aire para la combustión	3.1.1A1	Descalibración en la compuerta (dámper)	ERO (Energía de salida errática)	Mala combustión, vibración en el interior, apagado del horno

				3.1.1A2	Ensuciamiento de los álabes	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Desbalanceo del ventilador, vibraciones excesivas
				3.1.1A3	Rotura de los álabes	STD (Deficiencia estructural)	Ruidos extraños, desbalanceo, daño de componentes internos del ventilador
				3.1.1A4	Aflojamiento de los tornillos del acople que sujeta el motor	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Ruido anormal, desalineamiento
3.2 Motor eléctrico del ventilador							
3.2.1	Suministrar la potencia y el torque necesario para mover el ventilador	3.2.1A	No ser capaz de suministrar la potencia y el torque necesario para mover el ventilador	3.2.1A1	Daño en el arrancador del motor	FTS (No arranca al momento de encender)	No arranca el motor eléctrico
				3.2.1A2	Defectos en el estator y/o motor: Bajo aislamiento, desbalances de cargas, de corrientes	LOO (Baja energía de salida)	Baja de la velocidad del motor, fugas de corriente, cortocircuito
		3.2.1B	Presentar altas vibraciones en la operación	3.2.1B1	Daño en los rodamientos del motor	STD (Deficiencia estructural)	Vibración excesiva
				3.2.1B2	Desalineación entre ventilador y motor	NOI (Ruido)	Ruido anormal
				3.2.1B3	Pernos de anclaje sueltos	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Ruido anormal, desalineamiento
				3.2.1B4	Desbalanceo del conjunto ventilador - motor	NOI (Ruido)	Ruido anormal

				3.2.1B5	Problemas eléctricos del motor	BRD (Colapso del motor)	Fugas de corriente, cortocircuito, no arranca
		3.2.1C	Presentar sobrecarga de corriente en la operación	3.2.1C1	Dámper muy abierto	OHE (sobrecalentamiento)	Sobrecarga, calentamiento, disparo de breaker del motor eléctrico
				3.2.1C2	Disparo de breaker de motor o del relay de sobrecarga	OHE (sobrecalentamiento)	Sobrecarga eléctrica
				3.2.1C3	Bobinado del motor defectuoso	STD (Deficiencia estructural)	Fugas de corriente, cortocircuito, no arranca
				3.2.1C4	Daño en los rodamientos del motor	STD (Deficiencia estructural)	Vibración excesiva
4 Dámper del ventilador de tiro forzado							
4.1	Regular el flujo de aire para la combustión	4.1A	No ser capaz de regular el flujo de aire para la combustión	4.1A1	Descalibración del actuador	DOP (Operación retardada)	Mala combustión
				4.1A2	Desgaste de las rotulas de las varillas de accionamiento	STD (Deficiencia estructural)	Se traba el dámper
				4.1A3	Baja presión aire de control del actuador	LOO (Baja energía de salida)	No funciona el actuador
				4.1A4	Presencia de condensado en el aire de instrumentos que afecta al actuador	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Formación de corrosión en los elementos , de traba el actuador

				4.1A5	Daño en el actuador	STD (Deficiencia estructural)	El actuador no funciona
				4.1A6	Daño en los micro switches del actuador	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No emite la señal
5 válvula anti-retorno							
5.1	Evitar el contraflujo de gases de hidrocarburo hacia dentro del horno	5.1A	Permitir el paso del gases de hidrocarburo hacia el interior del horno	5.1A1	Daños en los componentes internos de la válvula (asientos, compuerta)	STD (Deficiencia estructural)	Paso de producto, no tiene sello de retorno
5.2	Contener el gases de hidrocarburo dentro del mismo	5.2A	Presentar escape de gases de hidrocarburo hacia la atmósfera	5.2A1	Falla en la empaquetadura de la válvula	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de fluido por la tapa de la válvula
				5.2A2	Falla en los empaques de las bridas de salida	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de fluido por los empaques de las bridas
6 Válvulas de seguridad							
6.1 Válvula de seguridad del separador de gas							
6.1.1	Proteger al separador de gas de sobre presión	6.1.1.1A	No proteger al separador de gas de sobre presión	6.1.1.1A1	Válvula no abre a la presión indicada	FTO (No abre cuando hay sobre presión)	Excesivo presión en el sistema, puede hacer fallar a otro elemento
				6.1.1.1A2	Válvula abre a una presión inferior a 134 psi.	FTC (No cierra cuando se da la orden)	Deja escapar la presión interna del sistema
				6.1.1.1A3	Presenta escape de gas al exterior	LCP (Fuga en la posición cerrada)	No hace sello hermético y descalibra el set de apertura de la válvula

7 Sistema de control e instrumentación							
7.1 Fotoceldas							
7.1.1	Detectar la flama en el quemador del horno y dar la señal de shutdown en caso de baja intensidad de radiación	7.1.1A	Presentar baja señal de 4 a 20 mA	7.1.1A1	Humedad en el circuito	AOL(Tendencia a presentar averías de tipo FTF, por ejemplo baja energía de salida)	Disminución de la corriente
				7.1.1A2	Cable sulfatado en bornera	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución de la corriente
				7.1.1A3	Cables flojos en bornera	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Corriente inestable
				7.1.1A4	Mirilla con suciedad	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No permite detectar y emitir la señal al sistema de control
7.1.2	Dar permisivo para arranque de quemador	10.1.2A	No dar permisivo para arranque de quemador	7.1.2A1	Humedad en el circuito	FTF (No funciona al momento de encender)	Disminución de la corriente
				7.1.2A2	Cable sulfatado en bornera	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución de la corriente
				7.1.2A3	Cables flojos en bornera	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Corriente inestable
				10.1.2A4	Mirilla con suciedad	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No permite detectar y emitir la señal al sistema de control

7.2 Analizador de oxígeno en gases							
7.2.1	Medir la cantidad de oxígeno en los gases	7.2.1A	No ser capaz de medir los niveles de oxígeno o dar lectura falsa	7.2.1A1	Saturación y/o ensuciamiento de la celda de zirconio	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Emite una falsa señal, y apaga la caldera
				7.2.1A2	Humedad en el circuito	FTF (No funciona al momento de encender)	Apaga la caldera por disminución de oxígeno
				7.2.1A3	Cable sulfatado en borneras	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución de la corriente
7.3 DSC							
7.3.1	Monitorear las variables del proceso	7.3.1A	No monitorear las variables del proceso	7.3.1A1	Daño en la red de comunicación	ERO (Energía de salida errática)	Ausencia o señal errónea del sistema de control
				7.3.1A2	Falla en las tarjetas	FTF (No funciona al momento de encender)	Pantallas de control invisibles
				7.3.1A3	Falla de la fuente de potencia	FTF (No funciona al momento de encender)	Disminución de la corriente
7.4 Válvulas de control de flujo de gas							
7.4.1	Controlar el flujo de gas al horno	7.4.1A	No controlar el flujo de gas a la caldera	7.4.1A1	Falla en el suministro de aire comprimido	LOO (Energía de salida baja)	No funciona la regulación de la válvula
				7.4.1A2	Falla en el actuador	DOP (Tiempo de apertura/cierre retardada)	No regula la válvula
				7.4.1A3	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	STD (Deficiencia estructural)	No funciona la válvula

				7.4.1A4	Válvula trabada internamente	FTR (No regula)	No funciona la válvula
				7.4.1A5	Falla en el regulador de aire	PLU (Atascado/ estrangulado)	No se regula el aire, y no se puede controlar la presión
				7.4.1A6	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	LOO (Energía de salida baja)	Diminución en la corriente eléctrica
				7.4.1A7	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	LOO (Energía de salida baja)	Diminución en la corriente eléctrica
				7.4.1A8	Falla en el controlador de la válvula	PLU (Atascado/ estrangulado)	Lectura errada entre el instrumento y el sistema de control
7.4.2	Contener el gas para que no escape al ambiente	10.4.2A	Escape del gas al ambiente	7.4.2A1	Escape de gas por el bonete de la válvula	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de gas al ambiente, caída de presión en la línea
				7.4.2A2	Escape de gas por las bridas	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de gas al ambiente, caída de presión en la línea
7.5 Válvulas de control de flujo de fuel oil							
7.5.1	Controlar el flujo de fuel oil al horno	7.5.1A	No controlar el flujo de fuel oil a la caldera	7.5.1A1	Falla en el suministro de aire comprimido	LOO (Energía de salida baja)	No funciona la regulación de la válvula
				7.5.1A2	Falla en el actuador	DOP (Tiempo de apertura/cierre retardada)	No regula la válvula
				7.5.1A3	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	STD (Deficiencia estructural)	No funciona la válvula

				7.5.1A4	Válvula trabada internamente	FTR (No regula)	No funciona la válvula
				7.5.1A5	Falla en el regulador de aire	PLU (Atascado / estrangulado)	No se regula el aire, y no se puede controlar la presión
				7.5.1A6	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	LOO (Energía de salida baja)	Disminución en la corriente eléctrica
				7.5.1A7	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	LOO (Energía de salida baja)	Disminución en la corriente eléctrica
				7.5.1A8	Falla en el controlador de la válvula	PLU (Atascado / estrangulado)	Lectura errada entre el instrumento y el sistema de control
7.5.2	Contener el fuel oil para que no escape al ambiente	7.5.2A	Escape del diesel al ambiente	7.5.2A1	Escape de diesel por el bonete de la válvula	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de fuel oil al ambiente, caída de presión en la línea
				7.5.2A2	Escape de diesel por las bridas	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de fuel oil al ambiente, caída de presión en la línea
7.6	Switches de presión						
7.6.1	Sensar la presión y dar una alarma al panel de control	7.6.1A	Dar lectura errónea	7.6.1A1	Falso contacto, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	OWD Opera sin previa demanda	No acciona el switch

		7.6.1B	No dar comunicación al cuarto de control	7.6.1B1	Falso en conexión, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	FTF (No funciona al momento de encender)	No acciona el switch
		7.6.1C	No dar lectura al Switch	7.6.1C1	Falla del sensor	OWD Opera sin previa demanda	No emite la señal del sensor, y apaga el quemador del horno
7.7	Switches de temperatura						
7.7.1	Sensar la temperatura y dar una alarma al panel de control	7.7.1A	Dar lectura errónea	7.7.1A1	Falso contacto, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	OWD Opera sin previa demanda	No acciona el switch
		7.7.1B	No dar comunicación	7.7.1B1	Falso en conexión, Descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	FTF (No funciona al momento de encender)	No acciona el switch
		7.7.1C	No dar lectura al Switch	7.7.1C1	Falla del sensor	OWD Opera sin previa demanda	No emite la señal del sensor, y apaga el quemador del horno
7.8 Válvula de corte de gas							
7.8.1	Bloquear el flujo de gas cuando se requiere	7.8.1A	Dejar pasar gas cuando se requiere bloqueado	7.8.1A1	Paso por los asientos	LCP (Fuga en la posición cerrada)	No se corta el flujo de gas

		7.8.1B	No bloquear el flujo cuando se requiere	7.8.1B1	Daño en el actuador	FTC (No cierra cuando se da la orden)	No acciona el actuador
7.9 Válvula de corte de fuel oil							
7.9.1	Bloquear el flujo de fuel oil cuando se requiere	7.9.1A	Dejar pasar fuel oil cuando se requiere bloqueado	7.9.1A1	Paso por los asientos	LCP (Fuga en la posición cerrada)	No se corta el flujo de fuel oil
		7.9.1B	No bloquear el flujo cuando se requiere	7.9.1B1	Daño en el actuador	FTC (No cierra cuando se da la orden)	No acciona el actuador
				7.9.1B3	Presencia de humedad en el aire de instrumentos, forma corrosión	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No acciona la válvula
7.10	Válvula de control de presión de fuel oil						
7.10.1	Controlar la presión de diesel al quemador	7.10.1A	No controlar la presión de diesel al quemador	7.10.1A1	Daño en el diafragma	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No acciona la válvula
7.11 Válvulas de control de flujo de atomización							
7.11.1	Controlar el flujo de vapor de atomización al horno	7.11.1A	No controlar el flujo de vapor de atomización al horno	7.11.1A1	Falla en el suministro de aire comprimido	LOO (Baja energía de salida)	No funciona la regulación de la válvula
				7.11.1A2	Falla en el actuador	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No regula la válvula
				7.11.1A3	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	No funciona la válvula
				7.11.1A4	Válvula trabada internamente	FTR (No regula)	No funciona la válvula

				7.11.1A5	Falla en el regulador de aire	DOP (Operación retardada)	No se regula el aire, y no se puede controlar la presión
				7.11.1A6	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución en la corriente eléctrica
				7.11.1A7	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Disminución en la corriente eléctrica
				7.11.1A8	Falla en el controlador de la válvula	AIR (Lectura anormal de los instrumentos)	Lectura errada entre el instrumento y el sistema de control
7.11.2	Contener el vapor para que no se escape al ambiente	7.11.2A	Escape de vapor al ambiente	7.11.2A1	Escape de vapor por el bonete	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de vapor al ambiente, caída de presión en la línea
				7.11.2A2	Escape de vapor por las bridas	ELP (Fuga externa del medio de elaboración)	Fuga de vapor al ambiente, caída de presión en la línea
8 Bomba de fuel oil							
8.1	Impulsar el diesel desde el tanque al horno	8.1A	No ser capaz de impulsar el diesel desde el tanque al horno	8.1A1	Filtros de succión obstruidos	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Caída de presión en la succión
				8.1A2	Baja eficiencia de la bomba	ERO (Presión de flujo oscilante o inestable)	Caída de presión en la descarga
				8.1A3	Válvulas de alivio a la presión de descarga abierta, recirculando	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Cavitación de la bomba
				8.1A4	Daño en el acople	STD (Deficiencia estructural)	Disminución de la velocidad de transmisión bomba - motor

				8.1A5	Daño en el motor eléctrico	STD (Deficiencia estructural)	Parada de la bomba
				8.1A6	Problema en el arrancador del motor	STD (Deficiencia estructural)	Parada de la bomba
8.2	Contener el fuel oil de la bomba	8.2A	Presentar escape de diesel a la atmósfera	8.2A1	Falla en sello mecánico u o' ring	STD (Deficiencia estructural)	Fuga de producto al ambiente, parada de la bomba
8.3	Operar en condiciones optimas	8.3A	Presentar altos niveles de vibraciones en operación	8.3A1	Dasalineamiento bomba-motor	VIB (Vibración excesiva)	Excesiva vibración
				8.3A2	Desgaste o daño en los rodamientos	STD (Deficiencia estructural)	Excesiva vibración
				8.3A3	Soltura en los pernos de anclaje	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Excesiva vibración
9 Tuberías de gas							
9.1	Conducir y contener el gas dentro de la tubería	9.1A	Presentar escape de gas y/o líquido a la atmósfera	9.1A1	Corrosión interna / externa	STD (Deficiencia estructural)	Disminución del espesor de las tuberías
				9.1A2	Fugas por la bridas, válvulas	ELP (Fuga del fluido primario al ambiente)	Fuga de producto al ambiente, caída de presión en la tubería
10 Tuberías de fuel oil							
10.1	Conducir y contener el gas dentro de la tubería	10.1A	Presentar escape de gas y/o líquido a la atmósfera	10.1A1	Corrosión interna / externa	STD (Deficiencia estructural)	Disminución del espesor de las tuberías
				16.1A2	Fugas por la bridas, válvulas	ELP (Fuga del fluido primario al ambiente)	Fuga de producto al ambiente, caída de presión en la tubería

11 Tuberías de gases de hidrocarburos							
11.1	Conducir y contener los gases de hidrocarburos dentro de la tubería	11.1A	Presentar escape de gases de hidrocarburos a la atmósfera	11.1A1	Corrosión interna / externa	STD (Deficiencia estructural)	Disminución del espesor de las tuberías
				11.1A2	Fugas por la bridas, válvulas	ELP (Fuga del fluido primario al ambiente)	Fuga de producto al ambiente, caída de presión en la tubería

Fuente: Históricos de fallas de Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

3.5.7 Hoja de decisión RCM, horno de crudo CH001

La determinación de la hoja de decisión RCM, se lo realiza con el apoyo del análisis de la hoja de decisión RCM, en la cual se determinan las tareas propuestas para establecer las mejoras a las tareas proactivas, y las acciones a falta de, en ella se establece que tipo de tarea resulta la más apropiada para cada modo de falla, y se estima las frecuencias en las que deben ser realizadas.

Dependiendo del tipo de tarea, se determina a que grupo pertenecen, esto es si se trata de una tarea proactiva, están dentro de las actividades de mantenimiento predictivo, que corresponde a tareas de condición, o a su vez pueden estar dentro de las actividades de mantenimiento preventivo a las que corresponde el reacondicionamiento cíclico y la sustitución cíclica.

De no encontrar una tarea adecuada se continúa en la búsqueda de las acciones a falta de, las cuales son las tareas de búsqueda de fallas, el rediseño obligatorio, o ningún mantenimiento programado, es decir trabajar hasta el fallo, estos datos se recopilan los en la hoja de decisión RCM, como se muestran en la tabla 14-3.

Tabla 14-3. Hoja de decisión RCM, horno de crudo CH001

HOJA DE DECISIÓN						SISTEMA/ACTIVO							SISTEMA N°			FACILITADOR		Fecha		Hoja			
						Horno de crudo CHA001							SUB-SISTEMA N°							Ing. Milton Barragán E.	03-01-2016	1	
RCM						SUB-SISTEMA/COMPONENTE							SUB-SISTEMA N°			Ing. Milton Barragán E.		03-01-2016		De			
																				13			
						Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas				Frecuencia Inicial		A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O				H4	H5	S4											
1 Horno de crudo																							
1.1	1.1.A	1.1.A1	S	N	N	S	S							Limpiar filtro de gas combustible	Tareas a condición	Técnico mecánico							
		1.1.A2	S	N	N	S	N	N	N	S				Realizar las pruebas de laboratorio (poder calorífico del combustible), análisis causa raíz del cambio de los parámetros del combustible; revisar los separadores de combustibles, cambiar elementos filtrantes en mal estado en la planta de gas, revisar las condiciones operacionales.	Tareas de búsqueda de fallas	Supervisores de operación, mantenimiento y laboratorio de control de calidad							
		1.1.A3	S	N	N	S	N	S						Cambio de boquillas deterioradas	Reacondicionamiento cíclico, cada 6 meses	Técnico de mantenimiento							
		1.1.A4	N	N	N	S	S							Reparación de aislamiento térmico	Tareas a condición	Técnico mecánico							
		1.1.A5	N	S	N	S	N	S						Realizar la limpieza interior de la tubería de radiación con barrido de vapor, limpieza exterior de la tubería de radiación mediante grateado mecánico y manual	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico mecánico							
		1.1.A6	N	S	N	S	N	S						Limpieza del interior del horno, para eliminar el hollín	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico mecánico							

		1.1.A7	S	N	S	S	S						Calibración del d�mper del horno de crudo	Tareas a condición	Técnico mecánico
2. Quemador dual gas – fuel oil															
2.1 Quemador gas															
2.1.1	2.1.1A	2.1.1A1	S	N	N	S	S						Limpieza de los quemadores, líneas de gas, filtro de entrada de gas	Tareas a condición	Técnico mecánico
		2.1.1A2	S	N	N	S	N	S					Cambio de difusores	Reacondicionamiento cíclico, cada 6 meses	Técnico mecánico
		2.1.1A3	S	N	N	S	S						Regular posición de d�mper	Tareas a condición	Técnico instrumentación
		2.1.1A4	S	N	N	S	S						Alineación de quemador	Tareas a condición	Técnico mecánico
	2.1.1B	2.1.1B1	S	N	N	S	N	S					Cambio de boquillas de los quemadores	Reacondicionamiento cíclico, cada 6 meses	Técnico mecánico
2.2 Quemador de fuel oil															
2.2.1	2.2.1A	2.2.1A1	S	N	N	S	S						Limpieza de los quemadores, filtro de entrada de diesel	Tareas a condición	Técnico mecánico
	2.2.1B	2.2.1B1	S	N	N	S	N	S					Cambio de boquillas de los quemadores	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico mecánico
3 Ventilador de tiro forzado															
3.1 Ventilador															
3.1.1	3.1.1A	3.1.1A1	S	N	S	S	S						Calibración del d�mper del ventilador del tiro forzado	Tareas a condición	Técnico mecánico
		3.1.1A2	N	N	N	S	S						Limpieza de los álabes del ventilador	Tareas a condición	Técnico mecánico
		3.1.1A3	S	S	N	S	S						Cambio de álabes rotos del ventilador	Tareas a condición	Técnico mecánico
		3.1.1A4	S	S	N	S	S						Ajuste de pernos que sujetan al acople del motor	Tareas a condición	Técnico mecánico

3.2 Motor eléctrico del ventilador															
3.2.1	3.2.1A	3.2.1A1	S	N	N	S	N	S					Cambio de arrancador del motor eléctrico dañado	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico
		3.2.1A2	S	N	N	S	N	S					Reparación del motor eléctrico	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico
	3.2.1B	3.2.1B1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamientos del motor	Sustitución cíclica, cada 65000 horas	Técnico eléctrico
		3.2.1B2	S	N	N	S	S						Alineación del conjunto motor - ventilador	Tareas a condición	Técnico mecánico
		3.2.1B3	S	N	N	S	S						Ajuste de pernos de anclaje flojos	Tareas a condición	Técnico Eléctrico
		3.2.1B4	S	N	N	S	S						Balanceo del motor y ventilador	Tareas a condición	Técnico mecánico
		3.2.1B5	S	N	N	S	N	S					Reparación del motor eléctrico	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico
	3.2.1C	3.2.1C1	S	N	N	S	S						Regular apertura del dámper	Tareas a condición	Técnico Eléctrico y técnico de operación
		3.2.1C2	S	N	N	S	N	N	N	S			Revisión de las conexiones eléctricas, estado de los componentes eléctricos	Tarea de búsqueda de fallos	Técnico eléctrico
		3.2.1C3	S	N	N	S	N	S					Reparación del motor eléctrico	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico
		3.2.1C4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamientos del motor	Sustitución cíclica, cada 65000 horas	Técnico eléctrico
4 Dámper del ventilador de tiro forzado															
4.1	4.1A	4.1A1	S	N	N	S	S						Calibración del actuador	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		4.1A2	S	N	N	S	N	S					Cambio de las rotulas de las varillas de accionamiento	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación

		4.1A3	S	N	N	S	S						Revisar fugas de aire por empaques, electroválvulas en buen estado	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		4.1A4	S	N	N	S	S						Regular válvula de condensado	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		4.1A5	S	N	N	S	N	S					Cambio de actuador dañado	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		4.1A6	S	N	N	S	N	S					Cambio de los micro switches del actuador	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
5 Válvula anti-retorno															
5.1	5.1A	5.1A1	N	N	N	S	N	S					Sustitución de componentes de la válvula, rectificación y tratamiento superficial de componentes, o cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de mecánico
5.2	5.2A	5.2A1	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa , cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		5.2A2	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en bridas, cambio de empaques en juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
6 Válvulas de seguridad															
6.1 Válvula de seguridad del separador de gas															
6.1.1	6.1.1A	6.1.1A1	S	S	N	S	S						Calibrar válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		6.1.1A2	S	N	N	S	S						Calibrar válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		6.1.1A3	S	N	N	S	S						Prueba de hermeticidad, cambio de válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
7 Sistema de control e instrumentación															
7.1 Fotoceldas															
7.1.1	7.1.1A	7.1.1A1	S	N	N	S	S						Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.1.1A2	S	N	N	S	S						Limpiar bornera y cable sulfatado	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.1.1A3	S	N	N	S	S						Ajustar bornera y cables flojos	Tareas a condición	Técnico de instrumentación

		7.1.1A4	S	N	N	S	S						Limpieza interna y externa de la mirilla	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
7.1.2	7.1.2A	7.1.2A1	S	N	N	S	S						Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.1.2A2	S	N	N	S	S						Limpiar bornera y cable sulfatado	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.1.2A3	S	N	N	S	S						Ajustar bornera y cables flojos	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.1.2A4	S	N	N	S	S						Limpieza interna y externa de la mirilla	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
7.2 Analizador de oxígeno en gases															
7.2.1	7.2.1A	7.2.1A1	S	N	N	S	S						Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.2.1A2	S	N	N	S	S						Limpiar bornera y cable sulfatado	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.2.1A3	S	N	N	S	S						Ajustar bornera y cables flojos	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
7.3 DSC															
7.3.1	7.3.1A	7.3.1A1	S	N	N	S	S						Revisión del sistema de control, del software, sistema de comunicación (modbus)	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.3.1A2	N	N	N	S	N	S					Sustitución de tarjetas electrónicas dañadas	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		7.3.1A3	S	N	N	S	S						Revisión de la fuente de potencia, cables flojos, sulfatados, rotos	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
7.4 Válvula de control de flujo de gas															
7.4.1	7.4.1A	7.4.1A1	S	N	N	S	S						Revisión del sistema de aire de instrumentos, fugas de aire, cañerías rotas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.4.1A2	S	N	N	S	S						Revisión del diafragma, atascamiento del mecanismo de control	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.4.1A3	N	N	N	S	N	S					Sustitución de componentes de la válvula, rectificación y tratamiento superficial de componentes, o cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación

		7.4.1A4	N	N	N	S	N	S					Reparación de válvula, cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		7.4.1A5	S	N	N	S	S						Revisión del regulador de aire	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.4.1A6	S	N	N	S	S						Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.4.1A7	S	N	N	S	S						Ajuste de cables de alimentación flojos, limpieza de cables sulfatados	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.4.1A8	S	N	N	S	S						Revisión de la calibración del controlador de la válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
7.4.2	7.4.2A	7.4.2A1	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.4.2A2	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
7.5 Válvulas de control de flujo de fuel oil															
7.5.1	7.5.1A	7.5.1A1	S	N	N	S	S						Revisión del sistema de aire de instrumentos, fugas de aire, cañerías rotas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.5.1A2	S	N	N	S	S						Revisión del diafragma, atascamiento del mecanismo de control	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.5.1A3	N	N	N	S	N	S					Sustitución de componentes de la válvula, rectificación y tratamiento superficial de componentes, o cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		7.5.1A4	N	N	N	S	N	S					Reparación de válvula, cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		7.5.1A5	S	N	N	S	S						Revisión del regulador de aire	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.5.1A6	S	N	N	S	S						Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.5.1A7	S	N	N	S	S						Ajuste de cables de alimentación flojos, limpieza de cables sulfatados	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.5.1A8	S	N	N	S	S						Revisión de la calibración del controlador de la válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
7.5.2	7.5.2A	7.5.2A1	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación

		7.5.2A2	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
7.6 Switches de presión															
7.6.1	7.6.1A	7.6.1A1	S	N	N	S	S						Revisión de los contactos, calibración, humedad en las conexiones eléctricas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
	7.6.1B1	7.6.1B1	S	N	N	S	S						Revisión de los contactos, calibración, humedad en las conexiones eléctricas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
	7.6.1C1	7.6.1C1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de sensor dañado	Sustitución cíclica cada año	Técnico de instrumentación
7.7 Switches de temperatura															
7.7.1	7.7.1A	7.7.1A1	S	N	N	S	S						Revisión de los contactos, calibración, humedad en las conexiones eléctricas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
	7.7.1B1	7.7.1B1	S	N	N	S	S						Revisión de los contactos, calibración, humedad en las conexiones eléctricas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
	7.7.1C1	7.7.1C1	S	N	N	S	N	S					Cambio de sensor dañado	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
7.8 Válvula de corte de gas															
7.8.1	7.8.1A	7.8.1A1	S	N	N	S	N	S					Reparación y cambio de componentes de la válvula, cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
	7.8.1B	7.8.1B1	S	N	N	S	N	S					Revisión del diafragma, atascamiento del mecanismo de control	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
7.9 Válvula de corte de fuel oil															
7.9.1	7.9.1A	7.9.1A1	S	N	N	S	N	S					Reparación y cambio de componentes de la válvula, cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
	7.9.1B1	7.9.1B1	S	N	N	S	N	S					Revisión del diafragma, atascamiento del mecanismo de control	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		7.9.1B2	S	N	N	S	N	N	N	S			Análisis causa raíz del modo de falla, revisar el secador de aire de instrumentos	Tarea de búsqueda de fallos	Técnico de instrumentación

7.10 Válvula de control de presión de fuel oil															
7.10.1	7.10.1A1	7.10.1A1	S	N	N	S	N	S					Sustitución del diafragma	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
7.11 Válvulas de control de flujo de atomización															
7.11.1	7.11.1A1	7.11.1A1	S	N	N	S	S						Revisión del sistema de aire de instrumentos, fugas de aire, cañerías rotas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.11.1A2	S	N	N	S	S						Revisión del diafragma, atascamiento del mecanismo de control	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.11.1A3	N	N	N	S	N	S					Sustitución de componentes de la válvula, rectificación y tratamiento superficial de componentes, o cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		7.11.1A4	N	N	N	S	N	S					Reparación de válvula, cambio de válvula	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico de instrumentación
		7.11.1A5	S	N	N	S	S						Revisión del regulador de aire	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.11.1A6	S	N	N	S	S						Limpieza con secuestrante de humedad	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.11.1A7	S	N	N	S	S						Ajuste de cables de alimentación flojos, limpieza de cables sulfatados	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.11.1A8	S	N	N	S	S						Revisión de la calibración del controlador de la válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
7.11.2	7.11.2A7	7.11.2A1	S	N	N	S	S						Ajuste de prensa estopa, cambio de trenza estopa	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		7.11.2A2	S	N	N	S	S						Ajuste de espárragos flojos en las bridas, cambio de empaques en las juntas	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
8 Bomba de fuel oil															
8.1	8.1A	8.1A1	S	N	N	S	S						Limpieza de filtro	Tareas a condición	Técnico mecánico
		8.1A2	N	N	N	S	N	S					Reparación de válvula check, cambio de válvula check	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico mecánico

		8.1A3	S	N	N	S	S						Revisión de la condición de la válvula, calibración de la válvula	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
		8.1A4	N	N	N	S	N	S					Reparación de acople, cambio de acople	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico mecánico
		8.1A5	N	N	N	S	N	S					Reparación de motor eléctrico, cambio de motor eléctrico	Reacondicionamiento cíclico cada año	Técnico mecánico
		8.1A6	S	N	N	S	N	S					Cambio de arrancador del motor eléctrico dañado	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico
8.2	8.2A	8.2A1	S	N	S	S	N	S					Reparación o cambio de sello mecánico	Reacondicionamiento cíclico cada año	Técnico eléctrico
8.3	8.3A	8.3A1	S	N	N	N	S						Alineación de bomba-motor	Tareas a condición	Técnico de mecánico
		8.3A2	S	N	N	N	N	N	S				Cambio de rodamientos	Sustitución cíclica, cada 65000 horas	Técnico de mecánico
		8.3A3	S	N	N	N	S						Ajuste de pernos de anclaje	Tareas a condición	Técnico de mecánico
9 Tuberías de gas															
9.1	9.1A	9.1A1	S	S	S	S	N	N	N	S	S		Realizar análisis de corrosión frecuente, medición de espesores de paredes de tuberías, búsqueda de fallas, rediseño de calidad materiales de tuberías, o mejora en la dosificación de inhibidores de corrosión	Rediseño obligatorio	Coordinación de mantenimiento mecánico, coordinación de Producción
		9.1A2	S	S	S	S	S						Ajuste de espárragos y pernos en bridas, cambio de empaques y sellos en válvulas	Tareas a condición	Técnico de mecánico
10 Tuberías de fuel oil															
10.1	10.1A	10.1A1	S	S	S	S	N	N	N	S	S		Realizar análisis de corrosión frecuente, medición de espesores de paredes de tuberías, búsqueda de fallas, rediseño de calidad materiales de tuberías, o mejora en la dosificación de inhibidores de corrosión	Rediseño obligatorio	Coordinación de mantenimiento mecánico, coordinación de Producción

		10.1A2	S	S	S	S	S						Ajuste de espárragos y pernos en bridas, cambio de empaques y sellos en válvulas	Tareas a condición	Técnico de mecánico
11 Tuberías de hidrocarburos															
11.1	11.1A	11.1A1	S	S	S	S	N	N	N	S	S		Realizar análisis de corrosión frecuente, medición de espesores de paredes de tuberías, búsqueda de fallas, rediseño de calidad materiales de tuberías, o mejora en la dosificación de inhibidores de corrosión	Rediseño obligatorio	Coordinación de mantenimiento mecánico, coordinación de Producción
		11.1A2	S	S	S	S	S						Ajuste de espárragos y pernos en bridas, cambio de empaques y sellos en válvulas	Tareas a condición	Técnico de mecánico

Fuente: Históricos de fallas de Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

3.6 Determinación de la estrategia RCM para el compresor de aire (Y2C101C)

3.6.1 Contexto operacional (compresor de aire Y2C101C)

El compresor de aire (Y2C101C), es un activo físico que fue instalado en la Refinería Shushufindi, en el año 2010, está en funcionamiento continuo desde ese mismo año.

La Refinería Shushufindi, como planta industrial, cuenta con 3 (tres) compresores de aire, que son utilizados de forma alternada, operando 2 (dos) de los 3 (tres) de forma simultánea, y el un caldero restante está en stand by o es un activo físico redundante.

La generación de aire comprimido necesaria para los procesos industriales de la planta es de 200 CFM aproximadamente, por lo cual opera un (1) compresor de aire, en este caso opera a una capacidad menor a la de diseño, como se muestra en tabla 15-3.

Tabla 15-3. Capacidad de operación de los compresores de aire

GENERACIÓN DE VAPOR			
Caldera	Capacidad nominal (CFM)	Capacidad real (CFM)	% Capacidad de operación
YC101A	328	0,00	00,00
YC101B	323	0,00	00,00
Y2C101C	246	200,00	81,30
Total		200,00	

Fuente: Display panel DCS Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

El compresor de aire Y2C101C, opera a un 81,30 % de su capacidad de carga y genera 200 CFM aproximadamente, con una presión de descarga que varía entre 92 a 110 psi, a una temperatura promedio de 87 °C.

El control del activo físico se realiza a través del Sistema de Control Distribuido (DCS FOXFORO), apoyado en las lecturas emitidas por los instrumentos instalados en el compresor de aire y visualizados en las pantallas del panel de control de la planta industrial.

El aire comprimido que producen los compresores de aire, son utilizados en la demanda que tiene la refinería, para sus procesos de control en los instrumentos existentes, así como también para el uso en los servicios industriales.

3.6.2 Datos del activo físico (compresor de aire Y2C101C)

En la información acerca de los datos generales, como también de los parámetros de diseño y operación del compresor de aire, son mostrados en la tabla 16-3.

Tabla 16-3. Datos del activo físico (compresor de aire Y2C101C)

Marca	Ingersoll rand
Modelo	SSR-EP60
Serie	CA3168U06192
Potencia	60 HP

Parámetros de diseño

Capacidad	246 CFM
Presión de operación nominal	125 psi
Presión de descarga máxima	128 psi
Presión modular máxima	135 psi
Potencia del motor	60 HP
Potencia nominal del ventilador	3 HP
Amperaje	84 A
Frecuencia / fases	60 Hz / 3
Voltaje	460 V

Parámetros de operación

Capacidad de operación (81 %)	200 CFM
Presión de carga	92 psi
Presión de descarga	110 psi
Temperatura de descarga	87 °C

Fuente: Manual de operación & mantenimiento, compresor Ingersoll rand

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

3.6.3 Diagrama funcional (compresor de aire Y2C101C)

En el diagrama funcional se identifican las entradas y salidas, así como también los aspectos que intervienen en el proceso de compresión de aire, a través de sus elementos, para lograr la producción de aire comprimido necesario para los procesos industriales de la Refinería Shushufindi.

El esquema funcional del compresor de aire esta detallado en el gráfico de la figura 5-3, donde se identifican sus elementos que intervienen en el proceso con sus respectivas entradas y salidas.

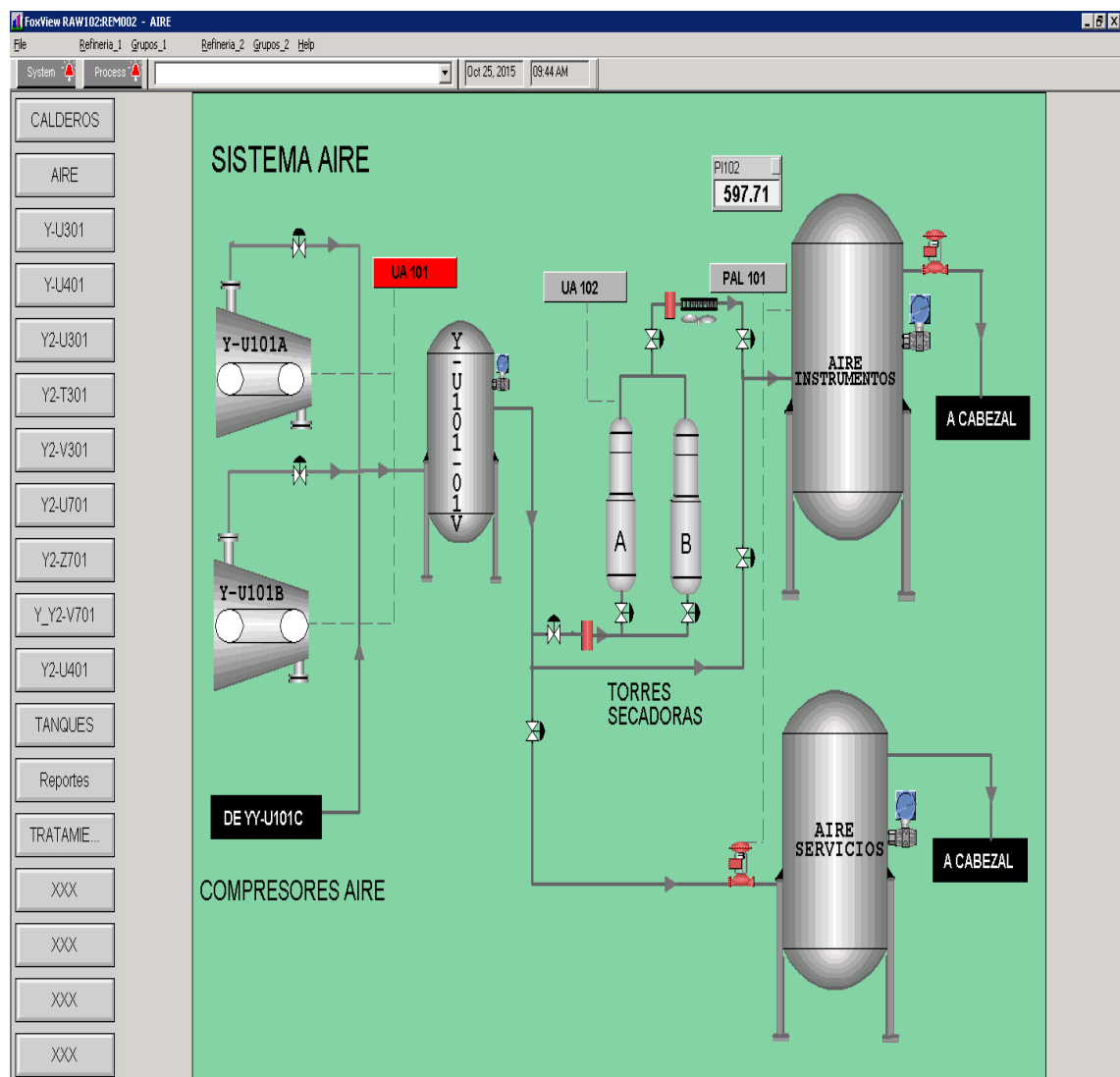


Figura 5-3. Diagrama funcional del compresor de aire (Y2C101C)

Fuente: Display panel DCS Refinería Shushufindi

3.6.4 *Función primaria*

Comprimir aire para suministrar 200 CFM, en un rango de descarga de 92 psi. mínimo a 110 psi. máximo a una temperatura de salida de 87 °C.

Un verbo

Comprimir.

Un objeto

Suministro de 200 CFM (81,30 % de su capacidad nominal)

Estándar de funcionamiento

Rango de descarga entre 92 a 110 psi. Máximo, a una temperatura de 87 °C.

3.6.5 *Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), compresor de aire Y2C101C*

Se realiza el Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE), del compresor de aire cuya operación es continua, durante un tercio de tiempo en el año, que abastece de aire comprimido para los procesos de las plantas industriales.

El análisis considera aspectos relacionados a los componentes del activo fijo, las funciones, fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de los mismos.

Dicha información es registrada de forma coherente y ordenada, realizando un análisis técnico de cada modo de falla encontrado durante el levantamiento de la información y de recomendaciones técnicas realizadas por el fabricante.

El registro del análisis realizado es registrado en la hoja de información RCM, como indica la tabla 17-3.

Tabla 17-3. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), compresor de aire Y2C101C

HOJA DE INFORMACIÓN RCM		SISTEMA/ACTIVO Compresor de aire Y2C101C		SISTEMA N°		FACILITADOR Ing. Milton Barragán E.		Fecha 30-09-2015		Hoja		
		SUB-SISTEMA/COMPONENTE		SUB-SISTEMA N°						De 3		
FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)			MODO DE FALLA			TAXONOMÍA MODO DE FALLA CONFORME NORMA ISO 14224		EFECTOS DE LAS FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla)	
1 Compresor												
1.1	Suministrar 200 CFM de aire comprimido en un rango de descarga de 92 psi mínimo a 110 psi máximo a una temperatura de salida de 87 °C		1.1.A	No ser capaz de suministrar 200 CFM de aire comprimido en un rango de descarga de 92 psi mínimo a 110 psi máximo a una temperatura de salida de 87 °C		1.1.A1	Daño en los componentes internos del compresor (tornillo, rodamientos, bandas, empaques, válvulas de control)		BRD (Colapso)		Parada repentina del compresor	
						1.1.A2	Parada por alta temperatura		LOO (Baja energía de salida)		Parada repentina del compresor	
						1.1.A3	Sensores dañados		SER(Problemas menores durante el funcionamiento)		Señal errática	
						1.1.A4	Falla en válvula de admisión		INL (Fuga interna)		Falta de aire de admisión	
						1.1.A5	Filtro de admisión sucio		IHT(Transferenci a de calor insuficiente)		Falta de aire de admisión	
						1.1.A6	Enfriador sucio		IHT(Transferenci a de calor insuficiente)		Incremento en la temperatura, parada inesperada del compresor	

				1.1.A7	Falla en presión de aceite	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Sobrecalentamiento, parada inesperada
				1.1.A8	Punto de carga y descarga dañado	PDE (desviación de parámetro)	No carga ni descarga el compresor a la presión seteada
2 Motor del compresor							
2.1	Girar a 1770 rpm	4.1A	No ser capaz de girar a 1770 rpm	2.1A1	Mala conexión eléctrica	DOP (Operación retardada)	Parada inesperada del compresor, cortocircuito
				2.1A2	Bajo aislamiento del motor	STD (Deficiencia estructural)	Cortocircuito, parada inesperada
				2.1A3	Falla en los rodamientos	LOO (Baja energía de salida)	Excesiva vibración
				2.1A4	Falta de corriente de alimentación	SER (Problemas menores durante el funcionamiento)	Parada inesperada, disparo en los breaker
				2.1A5	Suministro de energía intermitentemente	STD (Deficiencia estructural)	Parada inesperada del compresor
				2.1A6	Alta ruido	SER (Problemas menores en operación)	Daño en los componentes internos del compresor

Fuente: Históricos de fallas de Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

3.6.6 Hoja de decisión RCM, compresor de aire Y2B101C

La información generada del diagrama de decisión es registrada en la hoja de decisión RCM, como se muestra en la tabla 18-3.

Tabla 18-3. Hoja de decisión RCM, compresor de aire Y2B101C

HOJA DE DECISIÓN RCM			SISTEMA/ACTIVO Compresor de aire Y2C101C									SISTEMA N°			FACILITADOR Ing. Milton Barragán E.		Fecha 05-01-2016		Hoja	
			SUB-SISTEMA/COMPONENTE									SUB-SISTEMA N°							De 2	
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas				Frecuencia Inicial		A realizar por	
F	FF	MF	H	S	E	O				H4	H5	S4								
1 Compresor																				
1.1.	1.1.A	1.1.A1	S	N	N	S	N	S					Reparación de compresor, sustitución y reacondicionamiento de componentes (tornillo, rodamientos, empaques, válvulas de control				Reacondicionamiento cíclico, cada año		Técnico mecánico	
		1.1.A2	S	N	N	S	S						Limpieza de radiador, revisión y reposición de aceite refrigerante, cambio de elemento filtrante de aire, cambio de filtro de aceite				Tareas a condición		Técnico mecánico	
		1.1.A3	N	N	N	S	N	N	N	S			Determinación de la señal del sensor, cambio de sensor				Tareas de búsqueda de fallas		Técnico mecánico	
		1.1.A4	S	N	N	S	N	S					Reparación de la válvula, cambio de componentes internos dañados, reemplazo de válvula				Reacondicionamiento cíclico, cada año		Técnico mecánico	
		1.1.A5	S	N	N	S	S						Limpieza de filtro de admisión de aire				Tareas a condición		Técnico mecánico	
		1.1.A6	S	N	N	S	S						Limpieza de radiador				Tareas a condición		Técnico mecánico	
		1.1.A7	S	N	N	S	N	S					Revisión y/o cambio de válvula de regulación de la descarga				Reacondicionamiento cíclico, cada año		Técnico mecánico	

		1.1.A8	S	N	N	S	S						Calibración de arranque y parada	Tareas a condición	Técnico de instrumentación
2. Motor del compresor															
2.1	2.1A	2.1A1	N	N	N	S	S						Revisión de conexiones eléctricas, línea a tierra	Tareas a condición	Técnico eléctrico
		2.1A2	S	N	N	S	N	S					Reparación del motor eléctrico, cambio de motor	Reacondicionamiento cíclico, cada año	Técnico eléctrico
		2.1A3	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamientos del motor	Sustitución cíclica, cada 65000 horas	Técnico eléctrico
		2.1A4	S	N	N	S	N	N	N	S			Revisión de las conexiones eléctricas, estado de los componentes eléctricos	Tarea de búsqueda de fallos	Técnico eléctrico
		2.1A5	S	N	N	S	N	N	N	S			Revisión de las conexiones eléctricas, estado de los componentes eléctricos	Tarea de búsqueda de fallos	Técnico eléctrico
		2.1A6	S	N	N	S	N	N	S				Medición de vibraciones, Cambio de rodamientos del motor	Tareas a condición	Técnico eléctrico

Fuente: Históricos de fallas de Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

3.7 Cálculo de la confiabilidad

A fin de contar con datos cuantitativos se realiza el cálculo de la confiabilidad, tomando en consideración parámetros de tiempo de operacional, y numero de eventos de falla, para un periodo de seis años comprendido entre el 2010 a 2015.

Se realiza una comparación de datos obtenidos de los últimos seis meses del año 2015, que sirve para comprobar la mejora en la confiabilidad operacional de los activos físicos críticos e Refinería Shushufindi.

El cálculo de la confiabilidad de los activos físicos críticos, se realiza aplicando las siguientes ecuaciones:

Ecuación (2)

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Ecuación (3)

$$\lambda = \frac{n}{t}$$

Dónde:

$R(t)$ = Confiabilidad, adimensional o expresada en forma porcentual, que está en función del tiempo.

e = Constante igual 2,718281...

λ = tasa de fallo de cada evento (número de fallas por hora de operación)

n = número de eventos de falla

t = Tiempo de operación del activo físico en horas.

3.7.1 Cálculo de la confiabilidad de la caldera de vapor (Y2B701C)

El desarrollo del cálculo de confiabilidad para la caldera de vapor, se muestra en la tabla 19-3.

Tabla 19-3. Cálculo de la confiabilidad, caldera de vapor Y2B701C

DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLA		2010-2015				2015 II Semestre			
		n N° Eventos Promedio por Año	Tasa de Fallo por Hora (de cada evento) $\lambda = \frac{n}{t}$	Confiabilidad % $R(t) = e^{-\lambda t}$ Para 5840 h	Infiabilidad % $F_t = 1 - R$	n N° Eventos seis meses	Tasa de fallo por hora (de cada evento) $\lambda = \frac{n}{t}$	Confiabilidad % $R(t) = e^{-\lambda t}$ Para 4380 h	Infiabilidad % $F_t = 1 - R$
No.	1 Caldera pirotubular								
1	Falta de presión y flujo de gas combustible	25	0,00071	1,55	98,45	6	0,001370	0,25	99,75
2	Poder calorífico del gas menor al de diseño	6	0,00015	39,99	60,01	1	0,000228	36,79	63,21
3	Toberas o boquillas de combustible deterioradas	2	0,00004	75,75	24,25	0	0,000000	100,00	0,00
4	Fuga de vapor interna	4	0,00010	55,81	44,19	0	0,000000	100,00	0,00
5	Ensuciamiento de los tubos de la caldera (externo e interno)	2	0,00004	77,88	22,12	0	0,000000	100,00	0,00
6	Presencia de hollín en el hogar de la caldera	3	0,00008	60,66	39,34	1	0,000228	36,79	63,21
7	Descalibración o daño de dámper	2	0,00006	69,69	30,31	1	0,000228	36,79	63,21
	2 Quemador dual gas - diesel								
	2.1 Quemador de gas								
8	Taponamiento por impurezas en el gas residual	12	0,00033	14,31	85,69	5	0,001142	0,67	99,33

9	Problemas en la restricción de aire de combustión (difusores en mal estado)	6	0,00017	36,79	63,21	1	0,000228	36,79	63,21
10	Limitación en el aire de combustión, por posición inadecuada de las compuertas (dámper) ventilador	12	0,00033	13,92	86,08	2	0,000457	13,54	86,46
11	Desalineamiento del quemador	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
12	Problemas en la boquilla: deformación de agujeros, fisura, erosión	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
	2.2 Quemador de diesel								
13	Taponamiento de la boquilla	18	0,00050	5,12	94,88	1	0,000228	36,79	63,21
14	Problemas en la boquilla: deformación de agujeros, fisura, erosión	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
	3 Ventilador de tiro forzado								
	3.1 Ventilador								
15	Descalibración en la compuerta (dámper)	3	0,00009	58,99	41,01	1	0,000228	36,79	63,21
16	Ensuciamiento de los alabes	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
17	Rotura de los alabes	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
18	Aflojamiento de los tornillos del acople que sujeta el motor	2	0,00005	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00
	3.2 Motor eléctrico del ventilador								
19	Daño en el arrancador del motor	2	0,00004	75,75	24,25	1	0,000228	36,79	63,21
20	Defectos en el estator y/o motor: Bajo aislamiento, desbalances de cargas, de corrientes	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00

21	Daño en los rodamientos del motor	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
22	Desalineación entre ventilador y motor	1	0,00002	84,65	15,35	0	0,000000	100,00	0,00
23	Pernos de anclaje sueltos	2	0,00004	77,88	22,12	0	0,000000	100,00	0,00
24	Desbalanceo del conjunto ventilador - motor	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
25	Problemas eléctricos del motor	2	0,00004	77,88	22,12	0	0,000000	100,00	0,00
26	Dámper muy abierto	3	0,00007	65,93	34,07	1	0,000228	36,79	63,21
27	Disparo de breacker de motor, o del relay de sobre carga	1	0,00003	82,33	17,67	1	0,000228	36,79	63,21
28	Bobinado del motor defectuoso	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
29	Daño en los alojamientos del rodamientos del motor	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
	4 Dámper del ventilador de tiro forzado								
30	Descalibración del actuador	4	0,00010	55,81	44,19	1	0,000228	36,79	63,21
31	Desgaste de las rotulas de las varillas de accionamiento	1	0,00003	80,08	19,92	1	0,000228	36,79	63,21
32	Baja presión aire de control del actuador	6	0,00015	39,99	60,01	0	0,000000	100,00	0,00
33	Presencia de condensado en el aire de instrumentos que afecta al actuador	10	0,00027	20,53	79,47	0	0,000000	100,00	0,00
34	Daño en el actuador	3	0,00008	60,66	39,34	0	0,000000	100,00	0,00
35	Daño en los micro switches del actuador	2	0,00005	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00

	5 Economizador								
36	Ensuciamiento de los tubos (externa y/o interna)	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
37	Deformación y o desgaste de la aletas de los tubos	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
38	Fisura o poros (pitting) en los tubos del economizador	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
39	Escapes a través de las juntas flexibles del economizador con la chimenea	3	0,00007	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
40	Escape de gases a través de los manholes o tapas de inspección	2	0,00005	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00
	6 Paredes y tuberías de agua								
41	Ensuciamiento interno y/o externo de los tubos	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
42	Corrosión interna y/o externa, fatiga del material, sobrecalentamiento	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
	7 válvula anti-retorno								
43	Daños en los componentes internos de la válvula (asientos, compuerta)	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
44	Falla en la empaquetadura de la válvula	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
45	Falla en los empaques de las bridas de salida	3	0,00007	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
	8 Válvulas de purga continua								
46	Taponamiento de la válvula	2	0,00006	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
47	Exceso de solidos	2	0,00005	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00

	9 Válvulas de seguridad								
	9.1 Válvula de seguridad del economizador								
48	Válvula no abre a la presión seteada	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
49	Válvula abre a una presión inferior a la seteada	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
50	Presente fuga o pase por los asientos	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
	9.2 Válvula de seguridad del separador de gas								
51	Válvula no abre a la presión indicada	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
52	Válvula abre a una presión inferior a la seteada	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
53	Presenta escape de gas al exterior	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
	10 Sistema de control e instrumentación								
	10.1 Fotoceldas								
54	Humedad en el circuito	6	0,00015	39,99	60,01	1	0,000228	36,79	63,21
55	Cable sulfatado en bornera	5	0,00012	47,24	52,76	1	0,000228	36,79	63,21
56	Cables flojos en bornera	8	0,00021	27,87	72,13	2	0,000457	13,54	86,46
57	Mirilla con suciedad	4	0,00010	52,79	47,21	0	0,000000	100,00	0,00
	10.2 Analizador de oxígeno en gases								
58	Saturación y/o ensuciamiento de la celda de zirconio	1	0,00003	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
59	Humedad en el circuito	4	0,00010	55,81	44,19	1	0,000228	36,79	63,21

60	Cable sulfatado en borneras	6	0,00016	38,89	61,11	1	0,000228	36,79	63,21
	10.3 DSC								
61	Daño en la red de comunicación	12	0,00034	13,54	86,46	1	0,000228	36,79	63,21
62	Falla en las tarjetas	3	0,00007	64,12	35,88	1	0,000228	36,79	63,21
63	Falla de la fuente de potencia	6	0,00015	39,99	60,01	0	0,000000	100,00	0,00
	10.4 Válvula de control de nivel de agua								
64	Falla en el suministro de aire comprimido	3	0,00007	65,93	34,07	1	0,000228	36,79	63,21
65	Falla en el actuador	8	0,00021	27,87	72,13	2	0,000457	13,54	86,46
66	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	2	0,00006	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
67	Válvula trabada internamente	3	0,00008	62,36	37,64	1	0,000228	36,79	63,21
68	Falla en el regulador de aire	4	0,00011	49,94	50,06	1	0,000228	36,79	63,21
69	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	3	0,00008	60,66	39,34	2	0,000457	13,54	86,46
70	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	5	0,00014	43,46	56,54	1	0,000228	36,79	63,21
71	Falla en el controlador de la válvula	3	0,00008	60,66	39,34	0	0,000000	100,00	0,00
72	Escape de agua por el bonete de la válvula	2	0,00005	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00
73	Escape de agua por las bridas	4	0,00011	52,79	47,21	1	0,000228	36,79	63,21

	10.5 Válvulas de control de flujo de gas								
74	Falla en el suministro de aire comprimido	2	0,00006	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
75	Falla en el actuador	3	0,00007	65,93	34,07	1	0,000228	36,79	63,21
76	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
77	Válvula trabada internamente	4	0,00012	49,94	50,06	0	0,000000	100,00	0,00
78	Falla en el regulador de aire	3	0,00009	60,66	39,34	1	0,000228	36,79	63,21
79	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	4	0,00010	55,81	44,19	1	0,000228	36,79	63,21
80	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	6	0,00016	39,99	60,01	1	0,000228	36,79	63,21
81	Falla en el controlador de la válvula	3	0,00008	64,12	35,88	1	0,000228	36,79	63,21
82	Escape de gas por el bonete de la válvula	2	0,00007	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00
83	Escape de gas por las bridas	3	0,00007	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
	10.6 Válvulas de control de flujo de diesel								
84	Falla en el suministro de aire comprimido	2	0,00006	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
85	Falla en el actuador	3	0,00008	64,12	35,88	0	0,000000	100,00	0,00
86	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
87	Válvula trabada internamente	2	0,00005	75,75	24,25	0	0,000000	100,00	0,00

88	Falla en el regulador de aire	3	0,00007	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
89	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	3	0,00007	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
90	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	4	0,00012	48,57	51,43	0	0,000000	100,00	0,00
91	Falla en el controlador de la válvula	2	0,00005	73,67	26,33	0	0,000000	100,00	0,00
92	Escape de diesel por el bonete de la válvula	2	0,00006	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00
93	Escape de diesel por las bridas	3	0,00007	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
	10.7 Switches de presión								
94	10.7.1A1 Falso contacto, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	3	0,00007	65,93	34,07	2	0,000457	13,54	86,46
95	10.7.1B1 Falso en conexión, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	5	0,00013	47,24	52,76	2	0,000457	13,54	86,46
96	10.7.1C1 Falla del sensor	4	0,00010	55,81	44,19	3	0,000685	4,98	95,02
	10.8 Switches de temperatura								
97	10.8.1A1 Falso contacto, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	3	0,00008	62,36	37,64	1	0,000228	36,79	63,21
98	10.8.1B1 Falso en conexión, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	6	0,00016	38,89	61,11	1	0,000228	36,79	63,21
99	10.8.1C1 Falla del sensor	4	0,00012	49,94	50,06	1	0,000228	36,79	63,21

	10.9 Válvula de corte de gas								
100	10.9.1A1 Paso por los asientos	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
101	10.9.1B1 Daño en el actuador	3	0,00007	65,93	34,07	1	0,000228	36,79	63,21
	10.10 Válvula de corte de diesel								
102	10.10.1A1 Paso por los asientos	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
103	10.10.1B1 Daño en el actuador	3	0,00007	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
104	10.10.1B2 Presencia de humedad en el aire de instrumentos, forma corrosión	4	0,00011	54,28	45,72	0	0,000000	100,00	0,00
	10.11 Válvula de control de presión de diesel								
105	10.11.1A1 Daño en el diafragma	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
	10.12 Válvulas de control de flujo de atomización								
106	10.12.1A1 Falla en el suministro de aire comprimido	3	0,00007	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
107	10.12.1A2 Falla en el actuador	5	0,00014	44,69	55,31	0	0,000000	100,00	0,00
108	10.12.1A3 Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	4	0,00011	52,79	47,21	0	0,000000	100,00	0,00
109	10.12.1A4 Válvula trabada internamente	4	0,00012	49,94	50,06	0	0,000000	100,00	0,00
110	10.12.1A5 Falla en el regulador de aire	3	0,00007	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
111	10.12.1A6 Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	4	0,00011	54,28	45,72	0	0,000000	100,00	0,00

112	10.12.1A7 Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	5	0,00014	44,69	55,31	0	0,000000	100,00	0,00
113	10.12.1A8 Falla en el controlador de la válvula	3	0,00007	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
114	10.12.2A1 Escape del vapor por el bonete	2	0,00007	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00
115	10.12.2A2 Escape de vapor por las bridas	5	0,00013	45,95	54,05	0	0,000000	100,00	0,00
	11 Bomba de diesel								
116	Filtros de succión obstruidos	6	0,00016	39,99	60,01	0	0,000000	100,00	0,00
117	Baja eficiencia de la bomba	2	0,00007	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00
118	Válvulas de alivio a la presión de descarga abierta, recirculando	1	0,00003	84,65	15,35	0	0,000000	100,00	0,00
119	Daño en el acople	2	0,00006	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00
120	Daño en el motor eléctrico	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
121	Problema en el arrancador del motor	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
122	Falla en sello mecánico u o' ring	2	0,00005	73,67	26,33	0	0,000000	100,00	0,00
123	Desalineamiento bomba-motor	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
124	Desgaste o daño en los rodamientos	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
125	Soltura en los pernos de anclaje	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00

	12 Desaireador								
126	Descontrol en el nivel de químicos alimentados al desaireador	3	0,00008	64,12	35,88	2	0,000457	13,54	86,46
127	Falla por los empaques de bridas y manholes	3	0,00008	64,12	35,88	1	0,000228	36,79	63,21
128	Corrosión interna o externa	1	0,00003	84,65	15,35	0	0,000000	100,00	0,00
	13 Bomba de alimentación de agua								
129	Daño en los componentes internos de la bomba: impulsor, buje, etc.	2	0,00005	75,75	24,25	1	0,000228	36,79	63,21
130	Daño en el acople	2	0,00007	69,69	30,31	1	0,000228	36,79	63,21
131	Daño en el motor eléctrico	1	0,00004	80,08	19,92	1	0,000228	36,79	63,21
132	Problema en el arrancador del motor	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
133	Falla en sello mecánico u o' ring	2	0,00007	67,78	32,22	1	0,000228	36,79	63,21
134	Dasalineamiento bomba-motor	1	0,00004	81,20	18,80	1	0,000228	36,79	63,21
135	Desgaste o daño en los rodamientos	1	0,00004	80,08	19,92	1	0,000228	36,79	63,21
136	Soltura en los pernos de anclaje	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
	14 Sistema de inyección de químicos								
	14.1 Bombas de químicos								
137	Aire en el sistema	3	0,00008	64,12	35,88	1	0,000228	36,79	63,21
138	Daño en los componentes internos de la bomba (pistón, válvulas check)	6	0,00016	39,99	60,01	2	0,000457	13,54	86,46

139	Daño en el engranaje de la caja reductora	2	0,00005	73,67	26,33	0	0,000000	100,00	0,00
140	Daño del motor eléctrico	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
141	Problema en el arrancador del motor	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
	14.2 Tanques de químicos								
142	Escapes por las uniones de tuberías, accesorios, válvulas	2	0,00005	73,67	26,33	1	0,000228	36,79	63,21
	15 Tuberías de gas								
143	Corrosión interna / externa	1	0,00003	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
144	Fugas por la bridas, válvulas	2	0,00005	73,67	26,33	0	0,000000	100,00	0,00
	16 Tuberías de Diesel								
145	Corrosión interna / externa	1	0,00004	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
146	Fugas por la bridas, válvulas	2	0,00006	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
	17 Tuberías de vapor								
147	Corrosión interna / externa	2	0,00006	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
148	Fugas por la bridas, válvulas	3	0,00009	58,99	41,01	2	0,000457	13,54	86,46
CALDERA DE VAPOR (Y2C701C)		447	0,01275	65,08	34,92	72	0,016438	75,67	24,33

Fuente: Históricos de fallas de Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

3.7.2 Cálculo de la confiabilidad del horno de crudo (CH001)

El cálculo de confiabilidad para el horno de crudo, se muestra en la tabla 20-3.

Tabla 20-3. Cálculo de la confiabilidad, horno de crudo CH001

DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLA		2010-2015				2015 II Semestre			
		n Nº Eventos Promedio por Año	Tasa de Fallo por Hora (de cada evento) $\lambda = \frac{n}{t}$	Confiabilidad % $R(t) = e^{-\lambda t}$ Para 8760 h	Infiabilidad % $F_t = 1 - R$	n Nº Eventos seis meses	Tasa de Fallo por Hora (de cada evento) $\lambda = \frac{n}{t}$	Confiabilidad % $R(t) = e^{-\lambda t}$ Para 4380 h	Infiabilidad % $F_t = 1 - R$
No.	1 Horno de crudo								
1	Falta de presión y flujo de gas combustible	10	0,000197	17,87	82,13	3	0,000685	4,98	95,02
2	Poder calorífico del gas menor al de diseño	3	0,000051	64,12	35,88	1	0,000228	36,79	63,21
3	Toberas o boquillas de combustible deterioradas	2	0,000032	75,75	24,25	0	0,000000	100,00	0,00
4	Fuga de calor en el interior	5	0,000086	47,24	52,76	0	0,000000	100,00	0,00
5	Ensuciamiento de los tubos del horno (externo)	2	0,000041	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00

6	Presencia de hollín en el interior del horno	3	0,000048	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
7	Descalibración o daño de dámper	3	0,000060	58,99	41,01	1	0,000228	36,79	63,21
8	Daño en el aislamiento térmico	1	0,000019	84,65	15,35	0	0,000000	100,00	0,00
	2 Quemador dual gas – fuel-oil								
	2.1 Quemador de gas								
9	Taponamiento por impurezas en el gas residual	5	0,000101	41,12	58,88	2	0,000457	13,54	86,46
10	Problemas en la restricción de aire de combustión (difusores en mal estado)	5	0,000098	42,27	57,73	1	0,000228	36,79	63,21
11	Limitación en el aire de combustión, por posición inadecuada de las compuertas (dámper) ventilador	3	0,000054	62,36	37,64	1	0,000228	36,79	63,21
12	Desalineamiento del quemador	2	0,000029	77,88	22,12	0	0,000000	100,00	0,00
13	Problemas en la boquilla: deformación de agujeros, fisura, erosión	2	0,000032	75,75	24,25	0	0,000000	100,00	0,00
	2.1 Quemador de fuel oil								
14	Taponamiento de la boquilla	24	0,000447	1,99	98,01	1	0,000228	36,79	63,21
15	Problemas en la boquilla: deformación de agujeros, fisura, erosión	2	0,000041	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
	3 Ventilador de tiro forzado								
	3.1 Ventilador								
16	Descalibración en la compuerta (dámper)	2	0,000029	77,88	22,12	1	0,000228	36,79	63,21

17	Ensuciamiento de los alabes	2	0,000038	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00
18	Rotura de los alabes	1	0,000025	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
19	Aflojamiento de los tornillos del acople que sujeta el motor	1	0,000019	84,65	15,35	0	0,000000	100,00	0,00
20	Daño en el arrancador del motor	1	0,000025	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
21	Defectos en el estator y/o motor: Bajo aislamiento desbalances de cargas, de corrientes	2	0,000032	75,75	24,25	0	0,000000	100,00	0,00
22	Daño en los rodamientos del motor	2	0,000032	75,75	24,25	0	0,000000	100,00	0,00
23	Desalineación entre ventilador y motor	1	0,000022	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
24	Pernos de anclaje sueltos	1	0,000025	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
25	Desbalanceo del conjunto ventilador - motor	2	0,000044	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00
26	Problemas eléctricos del motor	2	0,000038	71,66	28,34	1	0,000228	36,79	63,21
27	Dámper muy abierto	2	0,000041	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
28	Disparo de bracker de motor o del relay de sobre carga	1	0,000025	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
29	Bobinado del motor defectuoso	2	0,000029	77,88	22,12	0	0,000000	100,00	0,00
30	Daño en los rodamientos del alojamiento del motor	2	0,000041	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00

	3. Dámper del ventilador de tiro forzado								
31	Descalibración del actuador	2	0,000035	73,67	26,33	1	0,000228	36,79	63,21
32	Desgaste de las rotulas de las varillas de accionamiento	2	0,000038	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00
33	Baja presión aire de control del actuador	7	0,000130	32,02	67,98	1	0,000228	36,79	63,21
34	Presencia de condensado en el aire de instrumentos que afecta al actuador	3	0,000063	57,38	42,62	1	0,000228	36,79	63,21
35	Daño en el actuador	2	0,000038	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00
36	Daño en los micro switches del actuador	3	0,000049	64,84	35,16	1	0,000228	36,79	63,21
	5. Válvula anti-retorno								
37	Daños en los componentes internos de la válvula (asientos, compuerta)	1	0,000022	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
38	Falla en la empaquetadura de la válvula	2	0,000035	73,67	26,33	0	0,000000	100,00	0,00
39	Falla en los empaques de las bridas de salida	2	0,000041	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
	6. Válvulas de seguridad								
	6.1 Válvula de seguridad del separador de gas								
40	Válvula no abre a la presión indicada	2	0,000029	77,88	22,12	0	0,000000	100,00	0,00
41	Válvula abre a una presión inferior a 134 psi.	2	0,000035	73,67	26,33	0	0,000000	100,00	0,00
42	Presenta escape de gas al exterior	1	0,000025	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00

	7. Sistema de control e instrumentación								
	7.1 Fotoceldas								
43	Humedad en el circuito	3	0,000054	62,36	37,64	1	0,000228	36,79	63,21
44	Cable sulfatado en bornera	3	0,000051	64,12	35,88	1	0,000228	36,79	63,21
45	Cables flojos en bornera	3	0,000060	58,99	41,01	0	0,000000	100,00	0,00
46	Mirilla con suciedad	2	0,000044	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00
	7.2 Analizador de oxígeno en gases								
47	Saturación y/o ensuciamiento de la celda de zirconio	2	0,000044	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00
48	Humedad en el circuito	3	0,000054	62,36	37,64	1	0,000228	36,79	63,21
49	Cable sulfatado en borneras	3	0,000048	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
	7.3 DSC								
50	Daño en la red de comunicación	3	0,000063	57,38	42,62	1	0,000228	36,79	63,21
51	Falla en las tarjetas	3	0,000048	65,93	34,07	1	0,000228	36,79	63,21
52	Falla de la fuente de potencia	2	0,000038	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00
	7.4 Válvulas de control de flujo de gas								
53	Falla en el suministro de aire comprimido	3	0,000057	60,66	39,34	1	0,000228	36,79	63,21
54	Falla en el actuador	2	0,000032	75,75	24,25	0	0,000000	100,00	0,00
55	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	3	0,000048	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00

56	Válvula trabada internamente	2	0,000041	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
57	Falla en el regulador de aire	3	0,000063	57,38	42,62	2	0,000457	13,54	86,46
58	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	3	0,000057	60,66	39,34	1	0,000228	36,79	63,21
59	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	3	0,000060	58,99	41,01	1	0,000228	36,79	63,21
60	Falla en el controlador de la válvula	3	0,000048	65,93	34,07	1	0,000228	36,79	63,21
61	Escape de gas por el bonete de la válvula	3	0,000060	58,99	41,01	0	0,000000	100,00	0,00
62	Escape de gas por las bridas	2	0,000041	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
	7.5 Válvulas de control de flujo de fuel oil								
63	Falla en el suministro de aire comprimido	2	0,000041	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
64	Falla en el actuador	3	0,000054	62,36	37,64	0	0,000000	100,00	0,00
65	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	2	0,000041	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
66	Válvula trabada internamente	4	0,000067	55,81	44,19	0	0,000000	100,00	0,00
67	Falla en el regulador de aire	4	0,000067	55,81	44,19	0	0,000000	100,00	0,00
68	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	2	0,000044	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00
69	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	2	0,000038	71,66	28,34	0	0,000000	100,00	0,00
70	Falla en el controlador de la válvula	3	0,000063	57,38	42,62	0	0,000000	100,00	0,00
71	Escape de diesel por el bonete de la válvula	2	0,000032	75,75	24,25	0	0,000000	100,00	0,00
72	Escape de diesel por las bridas	3	0,000051	64,12	35,88	0	0,000000	100,00	0,00

73	Falso contacto, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	3	0,000060	58,99	41,01	0	0,000000	100,00	0,00
74	Falso en conexión, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	3	0,000057	60,66	39,34	0	0,000000	100,00	0,00
75	Falla del sensor	3	0,000054	62,36	37,64	0	0,000000	100,00	0,00
76	Falso contacto, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	2	0,000041	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
77	Falso en conexión, descalibración, aislado de proceso, humedad en las conexiones eléctricas	2	0,000035	73,67	26,33	0	0,000000	100,00	0,00
78	Falla del sensor	2	0,000035	73,67	26,33	0	0,000000	100,00	0,00
7.6 Válvula de corte de gas									
79	Paso por los asientos	1	0,000019	8465	1535	0	0,000000	100,00	0,00
80	Daño en el actuador	2	0,000044	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00
7.7 Válvula de corte de fuel oil									
81	Paso por los asientos	1	0,000025	80,08	19,92	1	0,000228	36,79	63,21
82	Daño en el actuador	2	0,000035	73,67	26,33	0	0,000000	100,00	0,00
83	Presencia de humedad en el aire de instrumentos, forma corrosión	2	0,000044	67,78	32,22	1	0,000228	36,79	63,21
84	Válvula de control de presión de fuel oil	1	0,000022	82,33	17,67	0	0,000000	100,00	0,00
85	Daño en el diafragma	3	0,000054	62,36	37,64	0	0,000000	100,00	0,00

	7.8 Válvulas de control de flujo de atomización								
86	Falla en el suministro de aire comprimido	2	0,000032	75,75	24,25	2	0,000457	13,54	86,46
87	Falla en el actuador	3	0,000060	58,99	41,01	1	0,000228	36,79	63,21
88	Daño en los componentes internos: diafragma, resortes, asientos	2	0,000035	73,67	26,33	0	0,000000	100,00	0,00
89	Válvula trabada internamente	3	0,000048	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
90	Falla en el regulador de aire	3	0,000048	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
91	Humedad en los cables de alimentación (4 a 20 mA)	3	0,000057	60,66	39,34	1	0,000228	36,79	63,21
92	Cables de alimentación flojos y/o sulfatados	2	0,000038	71,66	28,34	1	0,000228	36,79	63,21
93	Falla en el controlador de la válvula	6	0,000108	38,89	61,11	1	0,000228	36,79	63,21
94	Escape del vapor por el bonete	3	0,000057	60,66	39,34	0	0,000000	100,00	0,00
95	Escape de vapor por las bridas	4	0,000070	54,28	45,72	0	0,000000	100,00	0,00
	8. Bomba de fuel oil								
96	Filtros de succión obstruidos	7	0,000124	33,85	66,15	2	0,000457	13,54	86,46
97	Baja eficiencia de la bomba	3	0,000051	64,12	35,88	1	0,000228	36,79	63,21
98	Válvulas de alivio a la presión de descarga abierta, recirculando	2	0,000029	77,88	22,12	0	0,000000	100,00	0,00
99	Daño en el acople	2	0,000041	69,69	30,31	0	0,000000	100,00	0,00
100	Daño en el motor eléctrico	2	0,000038	71,66	28,34	1	0,000228	36,79	63,21

101	Problema en el arrancador del motor	2	0,000032	75,75	24,25	1	0,000228	36,79	63,21
102	Falla en sello mecánico u o' ring	3	0,000048	65,93	34,07	0	0,000000	100,00	0,00
103	Dasalineamiento bomba-motor	2	0,000029	77,88	22,12	1	0,000228	36,79	63,21
104	Desgaste o daño en los rodamientos	2	0,000035	73,67	26,33	0	0,000000	100,00	0,00
105	Soltura en los pernos de anclaje	2	0,000032	75,75	24,25	0	0,000000	100,00	0,00
	9. Tuberías de gas								
106	Corrosión interna / externa	2	0,000032	75,75	24,25	0	0,000000	100,00	0,00
107	Fugas por la bridas, válvulas	4	0,000067	55,81	44,19	0	0,000000	100,00	0,00
	10. Tuberías de fuel oil								
108	Corrosión interna / externa	2	0,000032	75,75	24,25	0	0,000000	100,00	0,00
109	Fugas por la bridas, válvulas	1	0,000025	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
	11. Tuberías de gas de hidrocarburos								
110	Corrosión interna / externa	1	0,000019	84,65	0,001611	0	0,000000	100,00	0,00
111	Fugas por la bridas, válvulas	2	0,000035	73,67	0,001402	0	0,000000	100,00	0,00
HORNO DE CRUDO (CH001)		305	0,005805	66,92	33,08	41	0,00936 1	78,94	21,06

Fuente: Históricos de fallas de Refinería Shushufindi

Realizado por: Milton Barragán E.

3.7.3 Cálculo de la confiabilidad del compresor de aire (Y2C101C)

Los cálculos de confiabilidad del compresor de aire, se muestra en la tabla 21-3.

Tabla 21-3. Cálculo de la confiabilidad, compresor de aire Y2C101C

DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLA		2010-2015				2015 II Semestre			
		n N° Eventos Promedio por Año	Tasa de Fallo por Hora (de cada evento) $\lambda = \frac{n}{t}$	Confiabilidad % $R(t) = e^{-\lambda t}$ Para 2920 h	Infiabilidad % $F_t = 1 - R$	n N° Eventos seis meses	Tasa de Fallo por Hora (de cada evento) $\lambda = \frac{n}{t}$	Confiabilidad % $R(t) = e^{-\lambda t}$ Para 2920 h	Infiabilidad % $F_t = 1 - R$
No.	1 Compresor de aire								
1	Daño en los componentes internos del compresor (tornillo, rodamientos, bandas, empaques, válvulas de control)	1	0,000076	80,08	19,92	0	0,000000	100,00	0,00
2	Parada por alta temperatura	5	0,000276	44,69	55,31	1	0,000342	36,79	63,21
3	Sensores dañados	4	0,000228	51,35	48,65	0	0,000000	100,00	0,00
4	Falla en válvula de admisión	3	0,000190	57,38	42,62	0	0,000000	100,00	0,00
5	Filtro de admisión sucio	6	0,000361	34,80	65,20	1	0,000342	36,79	63,21
6	Enfriador sucio	7	0,000409	30,29	69,71	1	0,000342	36,79	63,21
7	Falla en presión de aceite	4	0,000209	54,28	45,72	1	0,000342	36,79	63,21
8	Punto de carga y descarga dañado	3	0,000190	57,38	42,62	0	0,000000	100,00	0,00
	2. Motor del compresor								
9	Mala conexión eléctrica	2	0,000133	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00

10	Bajo aislamiento del motor	2	0,000133	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00
11	Falla en los rodamientos	3	0,000152	64,12	35,88	0	0,000000	100,00	0,00
12	Falta de corriente de alimentación	2	0,000133	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00
13	Suministro de energía intermitentemente	2	0,000133	67,78	32,22	0	0,000000	100,00	0,00
14	Alto ruido	3	0,000143	65,93	34,07	1	0,000342	36,79	63,21
COMPRESOR DE AIRE (Y2C101C)		49	0,002768	66,86	33,14	5	0,001712	89,47	10,53

Fuente: Históricos de fallas de Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Resultados

Para realizar el diseño de la estrategia basada en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para los activos físicos críticos de la Refinería Shushufindi, se estableció la necesidad de identificar, en primera instancia, cuales sistemas constituyen los de mayor criticidad.

En ese sentido, se determinó que existiendo quinientos setenta y ocho (578) activos en las tres (3) plantas de la Refinería Shushufindi, fue conveniente tomar una muestra de tres (3) activos físicos, correspondientes a los de mayor criticidad dentro de las áreas de la Refinería 1.

Por esa razón fueron objeto de estudio el horno de crudo (CH001), el caldero de vapor (Y2B701C), y el compresor de aire (Y2C101C), que pertenecen a las áreas de procesos (hornos, bombas, ventiladores), sistema de generación de vapor y agua de alimentación (calderas), sistema de aire de plantas e instrumentación (Compresores de aire), respectivamente.

Siendo estas tres (3) áreas y sistemas las de mayor complejidad en términos de importancia que tiene la operatividad de la planta industrial, la falla repentina de algunas de éstas ocasiona graves consecuencias a la seguridad, medio ambiente y a la producción.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad requiere de la aplicación de una estrategia con base en el desarrollo de las siete (7) preguntas referidas previamente, las cuatro (4) primeras fueron respondidas en las hojas de información RCM, concerniente

al Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE), mientras que las tres (3) últimas preguntas se desarrollaron en las hojas de decisión RCM.

Con el objeto de unificar el criterio de identificación de los modos de falla y de estandarizar la denominación técnica de cada uno de los mismos, se estableció la taxonomía de cada uno de los modos de falla conforme los códigos de la norma ISO 14224, de acuerdo al tipo de activo y componente.

El diseño de la estrategia basada en RCM para los activos físicos críticos de la Refinería Shushufindi, tiene como objetivo principal la formulación de las tareas proactivas, tendientes a brindar una alternativa de solución a cada efecto de los modos de falla, correspondientes al mantenimiento preventivo y predictivo, de acuerdo a la naturaleza de las tareas que se ejecutan en los programas de mantenimiento (Anexos E, F, G y H).

Para definir las tareas proactivas o tareas de acciones a falta de, requeridas para cada uno de los casos, se utilizó como guía el procedimiento establecido en el diagrama de decisión del RCM, en el cual se decidió la tarea más apropiada para cada modo de falla, la frecuencia y la responsabilidad de su ejecución, la agrupación de mencionadas tareas son mostradas en el esquema de la figura 1-4.

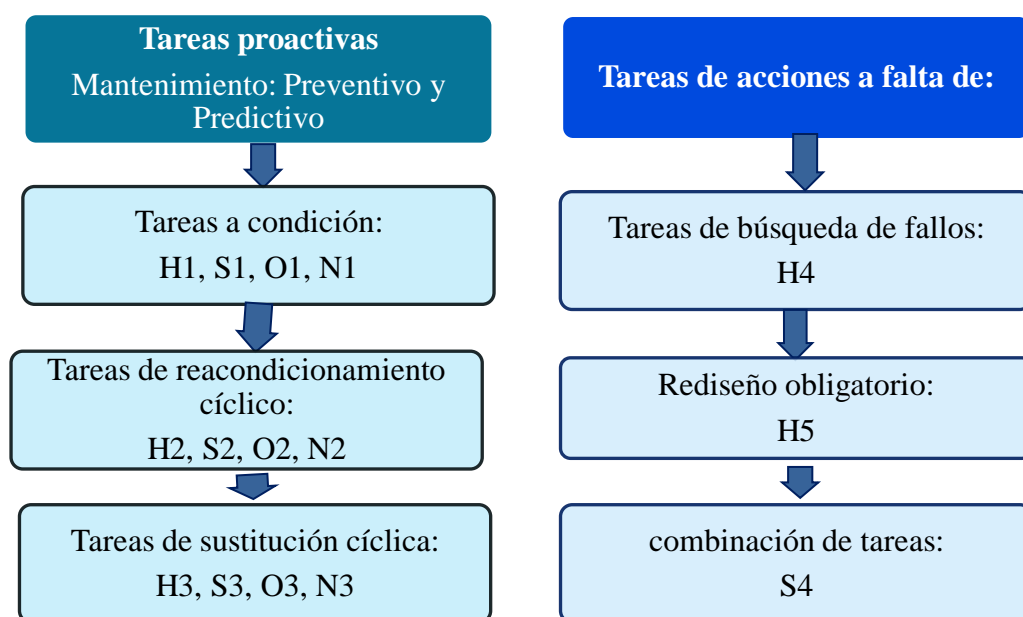


Figura 1-4. Tipo de tareas aplicadas para solucionar los modos de falla y efectos

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

Mediante el diseño de la estrategia basada en RCM, se da solución a los efectos causados por los modos de falla, a través de la reducción del número de eventos y el ajuste de la frecuencia de ejecución de las tareas en los programas de mantenimiento.

Precisamente, un indicador importante para el estudio de la confiabilidad de los activos físicos, es el número de eventos que presentan los modos de falla. El cual permite determinar la confiabilidad de forma numérica, ya sea como un índice o porcentualmente.

En correspondencia con lo expresado anteriormente y empleando los datos históricos del número de eventos de falla ocurridos en el periodo 2010 al 2015. Es importante aclarar que la caldera de vapor (Y2B701C) trabaja operativamente una media de cinco mil ochocientas cuarenta (5840) horas anuales (66,67% del tiempo total), el horno de crudo (CH001) funciona ininterrumpidamente ocho mil setecientos sesenta (8760) horas anuales (100% del tiempo total), y el compresor de aire (Y2C101C) opera dos mil novecientos veinte (2920) horas anuales (33% del tiempo total).

Los resultados obtenidos para cada modo de falla de los activos físicos críticos, se muestran en las tablas 19-3, 20-3, 21-3, y se resumen en la tabla 1-4 y en el gráfico 1-4.

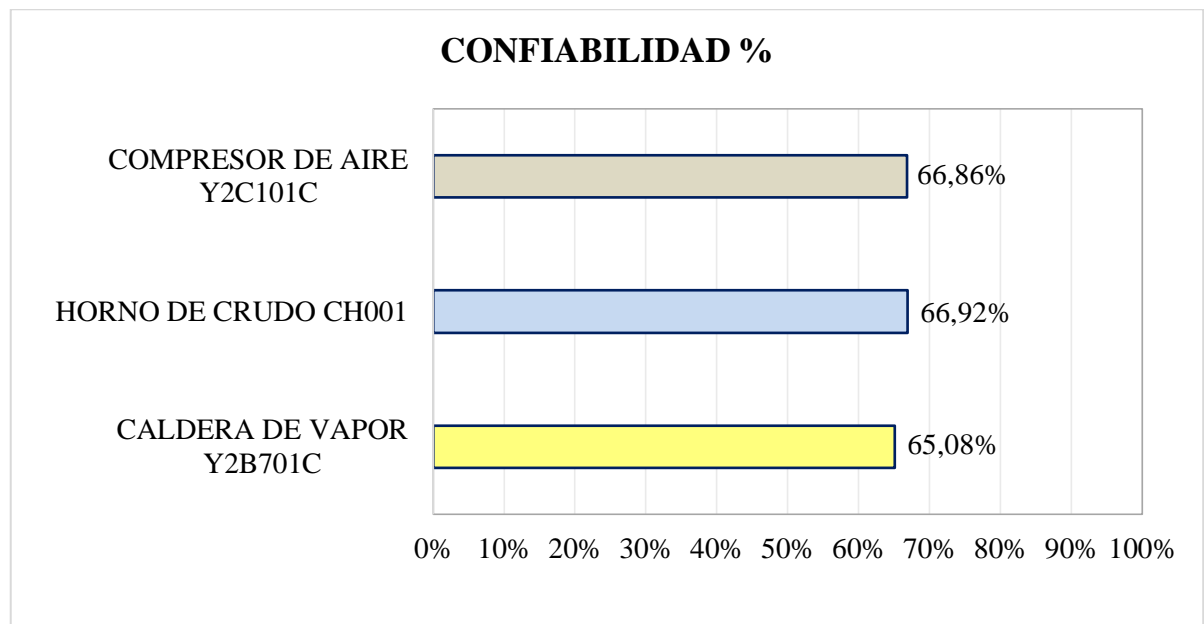
Tabla 1-4. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE)

CRITERIO	RESULTADO
Caldera de vapor Y2B701C	32 componentes
	Confiabilidad: 65.08%
	Número de eventos promedio por año: 447
Horno de crudo CH001	23 componentes
	Confiabilidad: 66.92 %
	Número de eventos promedio por año: 305
Compresor de aire Y2C101C	2 componentes
	Confiabilidad: 66.86%
	Número de eventos promedio por año: 49

Fuente: Cálculo de confiabilidad, tabla 19-3, 20-3, 21-3

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

Gráfico 1-4. Confiabilidad de los activos físicos críticos en los últimos seis años



Fuente: Datos de tablas de las tablas de confiabilidad 19-3, 20-3, 21-3

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

4.2 Discusión

El presente diseño de estrategia basada en RCM, se orienta a dar solución a los efectos de los modos de falla, para cada uno de los activos físicos críticos de la Refinería Shushufindi a través de la formulación de tareas proactivas tendientes a conseguir la reducción del número de eventos que se presentan anualmente y del ajuste de la frecuencia de ejecución de las tareas en los programas de mantenimiento.

Por otra parte, la confiabilidad de los equipos críticos fluctúa entre el sesenta y cinco (65%) y el sesenta y siete por ciento (67%), lo que con base en la experiencia se puede calificar como un nivel bueno, pero que es susceptible de ser mejorado de forma considerable.

El estudio de los modos de falla y sus efectos (AMFE) es de carácter cualitativo y al establecer una comparación con los resultados cuantitativos (expresados en forma numérica), se observa una dependencia entre la cantidad de eventos presentados y el total de modos de falla identificados para cada componente de los activos físicos críticos, como se muestra en la tabla 2-4.

Tabla 2-4. Análisis de Modos de Falla, número de eventos y confiabilidad

ACTIVO FÍSICO	No. COMPONENTES	No. EVENTOS POR AÑO	MODOS DE FALLA IDENTIFICADOS	CONFIABILIDAD %
Caldera de vapor Y2B701C	32	447	148	65,08
Horno de crudo CH001	23	305	115	66,92
Compresor de aire Y2C101C	2	49	14	66,86

Fuente: Datos históricos Refinería Shushufindi

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

Al respecto, la metodología seguida en el presente proyecto investigativo está respaldada en la estrategia del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para cada uno de los modos de falla de los activos físicos y componentes de la Refinería Shushufindi, por lo que se induce que a mediano plazo se conseguirá una elevación de la confiabilidad de los activos físicos críticos, contribuyendo favorablemente a la mejora de la situación actual.

4.2.1 Verificación de la Hipótesis

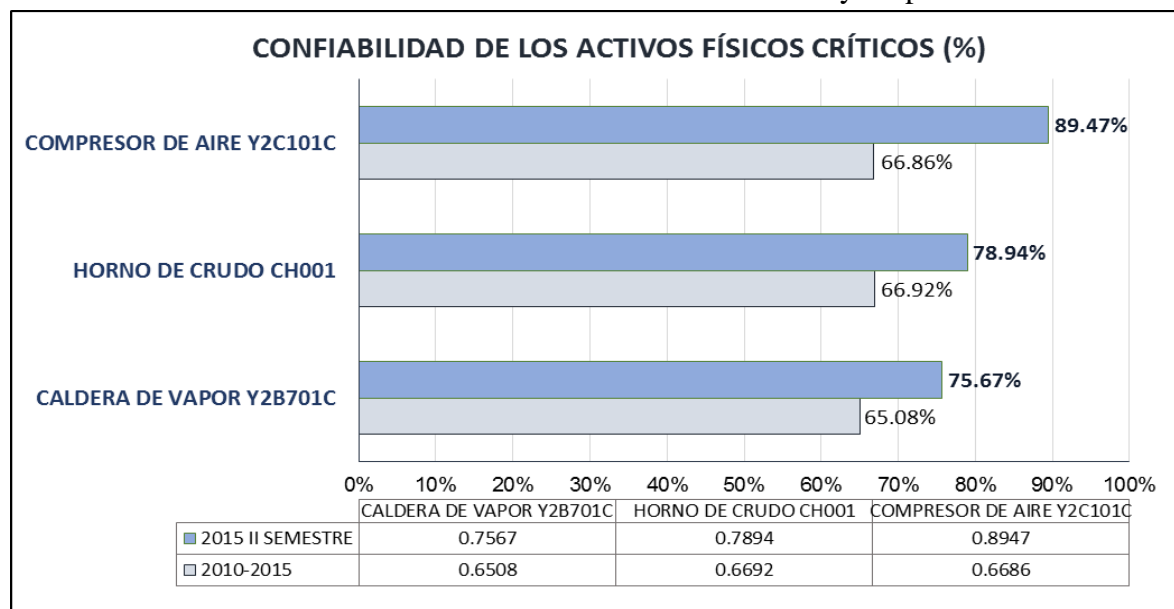
Tomando en cuenta que es un estudio descriptivo y cualitativo, sustentado con la aplicación del RCM, en el que se identificaron los modos de falla y la criticidad, se realizó la propuesta de las tareas proactivas correspondientes, para disminuir el número de eventos de cada uno de los modos de falla.

De este modo y una vez aplicada la estrategia basada en el RCM para el segundo semestre del año 2015, se obtienen los números de eventos y confiabilidad mostrados en las tablas 19-3, 20-3, y 21-3, en donde se observa una disminución de la cantidad de modos de fallas y por consiguiente un incremento de la confiabilidad general de los activos físicos.

Al presentarse una elevación del nivel de la confiabilidad se verifica la hipótesis planteada para el presente estudio investigativo. El gráfico 2-4 muestra la comparación antes y después del estudio realizado, teniendo en cuenta que los datos iniciales

corresponden al estudio documental disponible en el período 2010-2015, mientras que para la aplicación de la estrategia se consideraron los datos observacionales disponibles en el segundo semestre del año 2015 una vez aplicada la estrategia basada en el RCM.

Gráfico 2-4. Confiabilidad de los activos físicos críticos antes y después del RCM



Fuente: Datos de tablas de las tablas de confiabilidad 19-3, 20-3, 21-3

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

Analizando los resultados obtenidos, se evidencia que en el caso de la Caldera de vapor (Y2B701C) se alcanzó una mejora de 5,41% en la confiabilidad, el horno de crudo (CH001) incrementó en un 5,88%, y el compresor de aire (Y2C101C) consiguió una mejora de 12,07% de confiabilidad.

Sin embargo, la verificación de la hipótesis requiere un sustento desde el punto de vista estadístico. Tomando en cuenta de que se dispone de datos numéricos para la confiabilidad antes y después de la aplicación de la estrategia del RCM, se aplicó la prueba estadística no paramétrica de los rangos de Wilcoxon de muestras relacionadas para cada uno de los activos físicos críticos anteriormente mencionados.

Así también, debido a que en cada uno de los casos se cuenta con valores de confiabilidad para todos los modos de falla (tablas 19-3, 20-3, 21-3), la cantidad de datos es numerosa, por esta razón se empleó el software estadístico IBM SPSS para la aplicación de la referida prueba estadística, a partir de la comprobación de la existencia

o no de distribución normal en el grupo de datos. Precisamente, el estudio del comportamiento de los datos determinó que la distribución no es normal, por esta razón se utilizó una prueba no paramétrica.

A continuación se presenta el desarrollo de la verificación de la hipótesis:

Hipótesis nula H_0 :

El realizar el diseño de la estrategia de MANTENIMIENTO CENTRADA EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS ACTIVOS FÍSICOS CRÍTICOS DE REFINERÍA SHUSHUFINDI no permite obtener una mayor confiabilidad operacional de la planta industrial.

Hipótesis alterna H_1 :

El realizar el diseño de la estrategia de MANTENIMIENTO CENTRADA EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS ACTIVOS FÍSICOS CRÍTICOS DE REFINERÍA SHUSHUFINDI permite obtener una mayor confiabilidad operacional de la planta industrial.

Prueba de Normalidad de los Datos

Caldera de vapor (Y2B701C)

Se tienen más de cincuenta (50) datos, por lo que se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
Confiabilidad Antes (RCM)	0,154	148	0,000
Confiabilidad Después (RCM)	0,413	148	0,000
Diferencia <i>R</i> Antes-Después	0,230	148	0,000003

a. Corrección de la significación de Lilliefors

$0,000003 < 0,05$ (5%) → No es distribución normal

Horno de crudo (CH001)

Se tienen más de cincuenta (50) datos, por lo que se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
Confiabilidad Antes	0,123	111	0,000
Confiabilidad Después RCM	0,432	111	0,000
Diferencia R Antes-Después	0,244	111	0,000000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

$0,000000 < 0,05$ (5%) → No es distribución normal

Compresor de aire (Y2C101C)

Se tienen menos de cincuenta (50) datos, por lo que se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Confiabilidad Antes	0,924	14	0,252
Confiabilidad RCM Después	0,616	14	0,000
Diferencia_R	0,797	14	0,005

a. Corrección de la significación de Lilliefors

$0,005 < 0,05$ (5%) → No es distribución normal

Prueba de Significancia Estadística

Prueba estadística no paramétrica de los rangos de Wilcoxon para muestras relacionadas, esta prueba es el equivalente no paramétrico del t-Student para muestras relacionadas (antes-después). Con un nivel de significancia admisible del 5%.

Caldera de vapor (Y2B701C)

Rangos

	N	Rango promedio	Suma de rangos
Confiabilidad Después RCM - Confiabilidad Antes	49 ^a	69,31	3396,00
Rangos negativos			
Rangos positivos	98 ^b	76,35	7482,00
Empates	1 ^c		
Total	148		

a. Confiabilidad Después RCM < Confiabilidad Antes

b. Confiabilidad Después RCM > Confiabilidad Antes

c. Confiabilidad Después RCM = Confiabilidad Antes

Estadísticos de contraste^a

	Confiabilidad Después RCM - Confiabilidad Antes
Z	-3,954 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	0,000077

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

0,000077 (0,0077%) < 0,05 (5%) → Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (Admitiendo un error del 5%, existe variación significativa de la CONFIABILIDAD después del RCM en el caldero).

Horno de crudo (CH001)

Rangos

	N	Rango promedio	Suma de rangos
Confiabilidad Después RCM - Confiabilidad Antes	33 ^a	54,18	1788,00
Rangos negativos			
Rangos positivos	78 ^b	56,77	4428,00
Empates	0 ^c		
Total	111		

a. Confiabilidad Después RCM < Confiabilidad Antes

- b. Confiabilidad Después RCM > Confiabilidad Antes
c. Confiabilidad Después RCM = Confiabilidad Antes

Estadísticos de contraste^a

	Confiabilidad Después RCM - Confiabilidad Antes
Z	-3,885 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	0,000102

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

0,000102 (0,0102%) < 0,05 (5%) → Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (Admitiendo un error del 5%, existe variación significativa de la CONFIABILIDAD después del RCM en el horno de crudo).

Compresor de aire (Y2C101C)

Rangos

	N	Rango promedio	Suma de rangos
Confiabilidad RCM Rangos negativos	3 ^a	4,33	13,00
Después - Confiabilidad Rangos positivos	11 ^b	8,36	92,00
Antes Empates	0 ^c		
Total	14		

a. Confiabilidad Después RCM < Confiabilidad Antes

b. Confiabilidad Después RCM > Confiabilidad Antes

c. Confiabilidad Después RCM = Confiabilidad Antes

Estadísticos de contraste^a

	Confiabilidad Después RCM - Confiabilidad Antes
Z	-2,486 ^b
Sig. asintót. (bilateral)	0,012904

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

$0,012904 (1,29\%) < 0,05 (5\%) \rightarrow$ Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (Admitiendo un error del 5%, existe variación significativa de la CONFIABILIDAD después del RCM en el compresor).

Regla de decisión

En virtud de los resultados obtenidos para cada uno de los tres (3) activos físicos: caldera de vapor (Y2B701C), horno de crudo (CH001) y compresor de aire (Y2C101C), en lo referente a la prueba estadística no paramétrica de los rangos de Wilcoxon, **se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna:** “El realizar el diseño de la estrategia de MANTENIMIENTO CENTRADA EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS ACTIVOS FÍSICOS CRÍTICOS DE REFINERÍA SHUSHUFINDI permite obtener una mayor confiabilidad operacional de la planta industrial”.

4.3 Conclusiones

- Se diseñó la estrategia de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, a los activos físicos críticos de Refinería Shushufindi, con la realización de las Hojas de Información RCM, Hojas de Decisión RCM, se plantearon las tareas propuestas, acorde al apropiado análisis de modos de falla y efecto (FMEA), y se relacionó con los criterios de modos de falla normalizados de ISO 14224, que permite contar con una herramienta para obtener una mayor confiabilidad operacional de la planta industrial.
- Se determinó la jerarquización de los activos físicos de Refinería Shushufindi, se tomó en consideración parámetros para la ponderación de acuerdo a criterios de fallas funcionales y sus consecuencias, tomando en consideración aspectos de seguridad, medio ambiente, y producción. Determinando así que los activos físicos más críticos son: Caldera de vapor (Y2B701C), horno de crudo (CH001), y compresor de aire (Y2C101C).
- Se realizó el análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA), cuyos resultados permiten contar con una fuente de información confiable y segura, para prevenir las

continuas fallas funcionales y se determinó las acciones adecuadas para prolongar el tiempo de vida útil de los activos físicos.

- Se determinó las tareas proactivas, mediante la utilización del Diagrama de Decisión RCM que determinaron las tareas propuestas más adecuadas, que permitió disminuir los eventos de los modos de fallas, con lo que se aumentó la confiabilidad operacional de los activos físicos críticos.

4.4 Recomendaciones

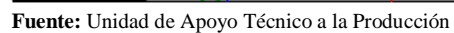
- Es importante tener un adecuado conocimiento acerca de metodologías que mejoran el campo del mantenimiento industrial, por lo cual se recomienda se acoja la presente investigación en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para los activos físicos críticos de refinería Shushufindi, que sirve como herramienta de gestión de activos físicos, que permite mejorar los indicadores del mantenimiento.
- De la experiencia obtenida en este proyecto, se recomienda a autoridades, y técnicos de mantenimiento y operación de Refinería Shushufindi, aplicar esta metodología de RCM, a los activos estudiados, e incrementar a la mayoría de los existentes en la planta industrial, a fin de obtener una mejorara en la confiabilidad operacional.
- De las dificultades halladas, para obtener una información confiable, se recomienda capacitar al personal de operación y mantenimiento, para que registren de mejor manera los eventos de fallas de los activos físicos, a fin de contar con indicadores de gestión que permitan cuantificar las tareas de mantenimiento, se debe utilizar de mejor manera el Software de gestión de mantenimiento EAM MAXIMO.

BIBLIOGRAFÍA

1. **DAMIÁN CABADIANA.** (2013). *Evaluación de la viscosidad del combustible del horno de crudo C2H001 de la Refinería Shushufindi de EP PETROECUADOR, diseño de un sistema de energía alternativa para mejorar la eficiencia de la combustión.* Riobamba, Ecuador. 90 p.
2. **García Palencia, O.** (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial, Principios Fundamentales.* Bogotá: Ediciones de la U. 168 p.
3. **García Palencia, O.** (2013). *Confiabilidad Humana, Clave de la Competitividad Organizacional.* Bogotá. Bogotá, Colombia: Legis. 311 p.
4. **Pita Alonso, A.** (25 de Noviembre de 2015, <http://www.monografias.com/trabajos94/rcm-definiciones-basicas/rcm-definiciones-basicas.shtml#consecuencia>. (s.f.)).
5. **INEN.** (2009). *Servicio ecuatoriano de normalización.* Quito, Ecuador. 6 p.
6. **ISO 14224.** (2006-12-15). *Petroleum, petrochemical and natural gas industries - collection and exchange of reliability and maintenance data for Equipment.* (Vol. Second Edition). Ginebra, Suiza. 71 p.
7. **ISO 55001.** (2014). *DIS DRAFT INTERNATIONAL STANDARD Asset management -Management systems - Requirements.* Ginebra, Suiza. 14 p.
8. **KOBE STEEL, LTD.** (1987). *Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana. Planta Refinería Amazonas. Equipos.* (Vol. Tomo V 3 of 15.). Ginebra, Suiza.
9. **KOBE STEEL, LTD.** (1987). *Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana. Planta Refinería Amazonas.* (Vol. Instrument. 1 of 8.). Ginebra, Suiza.
10. **KOBE STEEL, LTD.** (1987). *Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana. Planta Refinería Amazonas.* (Vol. Instrument. 3 of 8.). Ginebra, Suiza.
11. **KOBE STEEL, LTD.** (1987). *Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana. Planta Refinería Amazonas.* (Vol. Data Sheet.). Ginebra, Suiza.
12. **Moubray IV, J.** (2004). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM II.* (E. S. ASOCIADOS, Trad.) North Carolina, USA: Aladon LLC. 433 p.
13. **PASS 55-1.** (Septiembre de 2008). *Especificaciones para la gestión optimizada de activos físicos.* (B. S. Institute, Ed.)
14. **SAE JA1011.** (Agosto de 1999). *Criterios de Evaluación para procesos de Mantenimiento Centrados en la Confiabilidad RCM.* (CEIM, Trad.). 14 p.

15. **SAE JA1012.** (1999). *A Guide to Reliability - Centered Maintenance (RCM)*. (CEIM, Trad.) 57 p.
16. **Sexto, L. F.** (2004). (12 de Julio de 2015,
La evaluación de tareas en un proceso de Mantenimiento)
http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/rcm_sesto_mm20.pdf
17. **SI.** (s.f.). *Sistema Internacional de Unidades*. Paris, Francia.
18. **VÁSQUEZ OYARZÚN, D.** (2008). *Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM en motores Tesis de grado DETROIT 16V-149TI en CODELCO DIVISIÓN ANDINA, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería*. Chile. 120p.

Anexo A. Plano de implantación de activos físicos por plantas



Anexo B. Inventario técnico por plantas

Planta Refinería 1			
Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
1	CA001	AIR COOLER SASAKURA	(ENFRIADOR DE PRODUCTOS DIESEL)
2	CA001JA	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - PRODUCTO DIESEL)
3	CA001JB	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - PRODUCTO DIESEL)
4	CA002	AIR COOLER SASAKURA	(ENFRIADOR DE PRODUCTO Kerosina)
5	CA002JA	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - Kerosene-Naphtha)
6	CA002JB	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - Kerosene-Naphtha)
7	CA003	AIR COOLER SASAKURA	(ENFRIADOR DE PRODUCTOS NAFTA)
8	CA004	AIR COOLER SASAKURA	(ENFRIADOR ATMOSFERICO DE TORRE)
9	CA004JA	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - GASES DEL DOMO)
10	CA004JB	VENTILADOR SASAKURA	(AIR COOLER - GASES DEL DOMO)
11	CA005	AIR COOLER SASAKURA	(ENFRIADOR PRODUCTOS GENERADOS)
12	CA006	AIR COOLER SASAKURA	(CON ATM PARA CUERPOS GASEOSOS)
13	CE001	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(CRUDO/RESIDUO)
14	CE002	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(CRUDO/ATM OVERHEAD)
15	CE003	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(CRUDO/PRODUCTO NAFTA)
16	CE004	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(PRODUCTO Kerosene/NAFTA)
17	CE005A	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(CRUDO/DIESEL)
18	CE005B	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(CRUDO/DIESEL)
19	CE006	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(RESIDUO SECUNDARIO/CRUDO)
20	CE007A	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(DIESEL RECIRCULANTE/CRUDO)
21	CE007B	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(DIESEL RECIRCULANTE/CRUDO)
22	CE008	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(RESIDUO PRIMARIO/CRUDO)
23	CE009	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(Kerosene STRIPPER REBOILER)
24	CE010	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(NAPHTA STRIPPER REBOILER)
25	CE011A	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(RESIDUO/3.5K STM. GENERADOR)
26	CE011B	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(RESIDUO/3.5K STM. GENERADOR)
27	CE012	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(DESALTING INLET/OUTLET WATER)
28	CE013	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(TERTIARY RESIDUUM / CRUDE)
29	CH001	HORNO DE CRUDO GC BROACH	(CALENTADOR DE CRUDO)
30	CH001JA	SOPLADOR DE HOLLIN VULCAN	(SOPLADOR HORNO)
31	CH001JB	SOPLADOR DE HOLLIN VULCAN	(SOPLADOR HORNO)
32	CP001A	BOMBA EBARA	(BOMBA DE RESIDUOS)
33	CP001B	BOMBA EBARA	(BOMBA DE RESIDUOS)
34	CP002A	BOMBA EBARA	(BOMBA DE DIESEL RECIRCULANTE)
35	CP002B	BOMBA EBARA	(BOMBA DE DIESEL RECIRCULANTE)
36	CP003A	BOMBA EBARA	(BOMBA DEL PRODUCTO DIESEL)
37	CP003B	BOMBA EBARA	(BOMBA DEL PRODUCTO DIESEL)
38	CP004A	BOMBA EBARA	(BOMBA DE PRODUCTO Kerosene)
39	CP004B	BOMBA EBARA	(BOMBA DE PRODUCTO Kerosene)
40	CP005A	BOMBA EBARA	(BOMBA DE PRODUCTO NAPTA PESADA)

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
41	CP005B	BOMBA EBARA	(BOMBA DE PRODUCTO NAPTA PESADA)
42	CP006A	BOMBA NIKKISO	(CONDENSADO)
43	CP006B	BOMBA NIKKISO	(CONDENSADO)
44	CP007A	BOMBA EBARA	(BOMBA DE REFLUJO)
45	CP007B	BOMBA EBARA	(BOMBA DE REFLUJO)
46	CP008A	BOMBA NIKKISO	(TRANSFERENCIA DE LPG)
47	CP008B	BOMBA NIKKISO	(TRANSFERENCIA DE LPG)
48	CP009	BOMBA TEXSTEAM	(INYECTORA INHIBIDOR CORROSION)
49	CP010A	BOMBA TEXSTEAM	(INYECCION QUIMICO A DESALADORA)
50	CP010B	BOMBA TEXSTEAM	(INYECCION QUIMICO A DESALADORA)
51	CP012	BOMBA WILLIAMS	(INY. QUIMICO A DESALADORA)
52	CT012	TANQUE DE SOSA	(SOSA A DESALADORA)
53	CV001	RECIPIENTE PRESION DAEHAN	(TORRE ATMOSFERICA)
54	CV002	RECIPIENTE PRESION DAEHAN	(DIESEL STRIPPER)
55	CV003	RECIPIENTE PRESION DAEHAN	(KEROSENE/JET STRIPPER)
56	CV004	RECIPIENTE PRESION DAEHAN	(NAPHTHA STRIPPER)
57	CV005	RECIPIENTE PRESION DAEHAN	(REFLUX DRUM)
58	CV006	RECIPIENTE DAEHAN	(CONDENSATE SURGE DRUM)
59	CV007	RECIPIENTE PRESION NATCO	(DESALADORA DE CRUDO)
60	CV008	RECIPIENTE PRESION DAEHAN	(CRUDE DESALTER)
61	CV009	RECIPIENTE PRESION DAEHAN	(JET FUEL CLAY FILTER)
62	CV011	RECIPIENTE DAEHAN	(CORROSION INHIBITOR DRUM)
63	CV012	RECIPIENTE DAEHAN	(DASALTER CHEMICAL DRUM)
64	CV013	RECIPIENTE PRESION DAEHAN	(DECOKING MIST SEPARATOR)
65	CV014	RECIPIENTE PRESION DAEHAN	(ATMOSPHERIC OVERHEAD VENT/LIQ.)
66	C2A001	AIR COOLER SMITHCO	(PRODUCTO DIESEL)
67	YB701A	CALDERA TAKUMA	(GENERACION DE VAPOR)
68	YB701B	CALDERA HURST	(GENERACION DE VAPOR)
69	YB7011JA	SOPLADOR FUEL OIL - GAS	(FUEL OIL- GAS)
70	YB7011JB	SOPLADOR FUEL OIL - GAS	(FUEL OIL- GAS)
71	YB7012JA	SOPLADOR DE AIRE	(SOPLADOR DE CALDERA DE VAPOR)
72	YB7012JB	SOPLADOR DE AIRE	(SOPLADOR DE CALDERA DE VAPOR)
73	YC101A	COMPRESOR AIRE INGERSOLL RAND	(AIRE PLANTAS E INSTRUMEN.)
74	YC101B	COMPRESOR AIRE INGERSOLL RAND	(AIRE PLANTAS E INSTRUMEN.)
75	YC409	COMPRESOR INGERSOLL RAND	(AIRE PLANTA FENOLES)
76	YE501	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(FUEL OIL HEATER)
77	YME1021J	SOPLADOR AIRE F.G.T.	(SOPLADOR DEL AUTO-PUREX)
78	YME301	UNIDAD SISTEMA DE AGUA	(CLORINADOR/FILTRO AGUA)
79	YME400	SISTEMA EFLUENTES	(SIST TRATAMIENTO RESIDUAL)
80	YME401	UNIDAD SISTEMA RESIDUAL	(AGUAS SERVIDAS)
81	YME401A	RECIPIENTE DAVENPORT CPI	(SEPARADOR DE ACEITE)
82	YME401B	RECIPIENTE DAVENPORT CPI	(SEPARADOR DE ACEITE)
83	YME4011	FOSA DE HORMIGON	(AGUA ACEITOSA)

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
84	YME4012	FOSA DE HORMIGON	(OIL SUMP PIT)
85	YME402	RECIPIENTE DAVENP	(DAVENPORT METAL)
86	YME402Z	FOSA DE HORMIGON	(RECOLECTOR LODOS)
87	YME4021	FOSA DE HORMIGON	(AREA TANQUE DE PRODUCTOS)
88	YME403	UNIDAD DE AEREACION	(AERADORA)
89	YME4031	FOSA DE HORMIGON	(AREA TANQUE DE CRUDO)
90	YME4032	FOSA DE HORMIGON	(CLARIFIER BASIN)
91	YME4033A	TANQUE DE HORMIGON	(AEREACION)
92	YME4033B	TANQUE DE HORMIGON	(AEREACION)
93	YME4041	FOSA DE HORMIGON	(RECOLECTOR AGUA LLUVIA)
94	YME4051	FOSA DE HORMIGON	(RECOLECTOR AGUA ACEITOSA)
95	YME4061	FOSA DE HORMIGON	(GUARD BASIN OIL SUMP PIT)
96	YME4071	FOSA DE HORMIGON	(AGUA ACEITOSA LABORATORIO)
97	YME409	UNIDAD PLANTA FENOLES	(AGUA A LAGUNA)
98	YME4091	FOSA DE HORMIGON	(AREADOR DE AGUA-FENOLES)
99	YME4092	FOSA DE HORMIGON	(TRAMPA DE SOLIDOS)
100	YME601	UNIDAD SIS.CONTRAINCENDIO	(SUMINISTRADORA SOL ESPUMA)
101	YM802	BRAZO DE CARGA OZAWA	(GASOLINA)
102	YM8021A	AGITADOR JENSER	(TANQUE DE GASOLINA)
103	YM8021B	AGITADOR JENSER	(TANQUE DE GASOLINA)
104	YM803	BRAZO DE CARGA OZAWA	(KEROSENE)
105	YM804	BRAZO DE CARGA OZAWA	(JET FUEL)
106	YM805A	BRAZO DE CARGA OZAWA	(DIESEL 1)
107	YM805B	BRAZO DE CARGA OZAWA	(DIESEL 2)
108	YM8061A	AGITADOR SATAKE	(TANQUE DE RESIDUO)
109	YM8061B	AGITADOR SATAKE	(TANQUE DE RESIDUO)
110	YP201A	BOMBA EBARA	(SEPARADOR DE TEA)
111	YP201B	BOMBA EBARA	(SEPARADOR DE TEA)
112	YP301A	BOMBA EBARA	(AGUA DE SERVICIO)
113	YP301B	BOMBA EBARA	(AGUA DE SERVICIO)
114	YP3011A	BOMBA EBARA	(TRANSFERENCIA AGUA SERVIC)
115	YP3011B	BOMBA EBARA	(TRANSFERENCIA AGUA SERVIC)
116	YP3012A	BOMBA EBARA	(AGUA LAVADO CONTRACORRIEN)
117	YP3012B	BOMBA EBARA	(AGUA LAVADO CONTRACORRIEN)
118	YP3013A	BOMBA IWAKI	(INYECCION DE COAGULANTE)
119	YP3013B	BOMBA IWAKI	(INYECCION DE COAGULANTE)
120	YP3014A	BOMBA IWAKI	(INYECCION DE SUBCOAGULANTE)
121	YP3014B	BOMBA IWAKI	(INYECCION DE SUBCOAGULANTE)
122	YP3015A	BOMBA IWAKI	(INYECCION ESTERILIZADOR)
123	YP3015B	BOMBA IWAKI	(INYECCION ESTERILIZADOR)
124	YP3015C	BOMBA IWAKI	(INYECCION ESTERILIZADOR)
125	YP3016A	BOMBA EBARA	(TRANSFERENCIA DE LODO)
126	YP3016B	BOMBA EBARA	(TRANSFERENCIA DE LODO)

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
127	YP302A	BOMBA NIKUNI	(AGUA POTABLE)
128	YP302B	BOMBA NIKUNI	(AGUA POTABLE)
129	YP303A	BOMBA EBARA	(ALIMENTADORA AGUA CRUDA)
130	YP303B	BOMBA EBARA	(ALIMENTADORA AGUA CRUDA)
131	YP304A	BOMBA MYERS	(AGUA POTABLE A CAMPAMENTO)
132	YP304B	BOMBA MYERS	(AGUA POTABLE A CAMPAMENTO)
133	YP401	BOMBA AURORA	(BOMBA DE AGUA ACEITOSA-CRUDO)
134	YP4011A	BOMBA WORTHINGTON SIMPSON	(CPI SEPARATOR OIL PUMP)
135	YP4011B	BOMBA WORTHINGTON SIMPSON	(CPI SEPARATOR OIL PUMP)
136	YP402	BOMBA EBARA	AGUA ACEITOSA TANQUES BL
137	YP4021A	BOMBA ALLDOS	(DOSIFICADORA DE SOSA)
138	YP4021B	BOMBA ALLDOS	(DOSIFICADORA DE SOSA)
139	YP4022A	BOMBA ALLDOS	(DOSIFICADORA DE ALUMINIO)
140	YP4022B	BOMBA ALLDOS	(DOSIFICADORA DE ALUMINIO)
141	YP4023A	BOMBA ALLDOS	(DOSIFICADORA POLIELECTROL)
142	YP4023B	BOMBA ALLDOS	(DOSIFICADORA POLIELECTROL)
143	YP4024A	BOMBA WORTHINGTON SIMPSON	(RECICLO)
144	YP4024B	BOMBA WORTHINGTON SIMPSON	(RECICLO)
145	YP4025	BOMBA MONO MERLIN	(LODOS)
146	YP403	BOMBA EBARA	(AGUA ACEITOSA TANQUES CRU)
147	YP4031A	BOMBA ALLDOS	(DOSIFICADORA NUTRIENTE)
148	YP4031B	BOMBA ALLDOS	(DOSIFICADORA NUTRIENTE)
149	YP4032A	BOMBA ABS	(RECIRCULACION DE LODOS)
150	YP4032B	BOMBA ABS	(RECIRCULACION DE LODOS)
151	YP404	BOMBA EBARA	(BOMBA DE AGUA LLUVIA)
152	YP405	BOMBA AURORA	(AGUA ACEITOSA CARGUO)
153	YP406	BOMBA EBARA	(AGUA ACEITOSA GUARD BASIN)
154	YP407	BOMBA EBARA	(AGUA ACEITOSA LABORATORIO)
155	YP408A	BOMBA AURORA	(AGUAS ACEITOSAS)
156	YP408B	BOMBA AURORA	(AGUAS ACEITOSAS)
157	YP409	BOMBA AURORA	(AGUA CON FENOLES)
158	YP501A	BOMBA DAIDO	(ACEITE LUBRICANTE)
159	YP501B	BOMBA DAIDO	(ACEITE LUBRICANTE)
160	YP601A	BOMBA EBARA	(CONTRA INCENDIO)
161	YP601B	BOMBA EBARA	(CONTRA INCENDIO)
162	YP601C	BOMBA EBARA	(CONTRA INCENDIO)
163	YP602	BOMBA EBARA	(CONTRA INCENDIO)
164	YP701A	BOMBA NIKUNI	(AGUA A DEAERADORA)
165	YP701B	BOMBA NIKUNI	(AGUA A DEAERADORA)
166	YP801A	BOMBA EBARA	(CARGA DE CRUDO)
167	YP801B	BOMBA EBARA	(CARGA DE CRUDO)
168	YP8011	BOMBA NIKISSO	(INYECCION COLORANTE KEREX)
169	YP802A	BOMBA EBARA	(GASOLINA A LLENADERAS)

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
170	YP802B	BOMBA EBARA	(GASOLINA A LLENADERAS)
171	YP802C	BOMBA GOULDS	(GASOLINA A LLENADERAS)
172	YP802D	BOMBA GOULDS	(GASOLINA A LLENADERAS)
173	YP803	BOMBA EBARA	(KEROSENE A LLENADERAS)
174	YP804A	BOMBA EBARA	(JET FUEL A LLENADERAS)
175	YP804B	BOMBA EBARA	(JET FUEL A LLENADERAS)
176	YP805A	BOMBA EBARA	(DIESEL A LLENADERAS)
177	YP805B	BOMBA EBARA	(DIESEL A LLENADERAS)
178	YP805C	BOMBA EBARA	(DIESEL A LLENADERAS)
179	YP806A	BOMBA EBARA	(TRANSFERENCIA DE RESIDUOS)
180	YP806B	BOMBA EBARA	(TRANSFERENCIA DE RESIDUOS)
181	YP8061	BOMBA DECHER	(TRANSFERENCIA GASOLINA)
182	YP8062	BOMBA NIKISSO	(INYECCION COLORANTE NAPH.)
183	YP807A	BOMBA EBARA	(PRODUCTOS A POLIDUCTO)
184	YP807B	BOMBA EBARA	(PRODUCTOS A POLIDUCTO)
185	YP8071	BOMBA DURCO	(EDUCTOR DE GASOLINA)
186	YP808A	BOMBA EBARA	(SLOP)
187	YP808B	BOMBA EBARA	(SLOP)
188	YP809	BOMBA GOULDS	(TRANSF. DIESEL - MAXUS)
189	YP809A	BOMBA INGERSOLL RAND	(RECIRCULACION DE NAPHTHA)
190	YP809B	BOMBA INGERSOLL RAND	(RECIRCULACION DE NAPHTHA)
191	YP810A	BOMBA GOULDS	(RECIRCULACION)
192	YP810B	BOMBA GOULDS	(RECIRCULACION)
193	YT301	TANQUE I.A.A.	(AGUA DE SERVICIO)
194	YT3011	TANQUE SHINKO	(FLOCULADOR)
195	YT3012	TANQUE SHINKO	(SEDIMENTACION)
196	YT3013	TANQUE SHINKO	(FILTRO DE GRAVEDAD)
197	YT3014	TANQUE SHINKO	(RETROLAVADO)
198	YT302	TANQUE I.A.A.	(AGUA POTABLE)
199	YT303	TANQUE CISTERNA	(AGUA POTABLE)
200	YT4021	RECIPIENTE	(CARBONATO DE SODIO AL 5 %)
201	YT4022	RECIPIENTE	(SULFATO DE ALUMINIO AL 5%)
202	YT4023A	RECIPIENTE	(POLIELECTROLITO AL 0.5 %)
203	YT4023B	RECIPIENTE	(POLIELECTROLITO AL 0.5 %)
204	YT4024	TANQUE HORMIGON	(HOMOGENIZACION)
205	YT4025	RECIPIENTE PRESION	(AIR FLOTATION SCRAPER)
206	YT4031	RECIPIENTE	(NUTRIENTE FOSFATO AMONIO)
207	YT601A	TANQUE I.A.A.	(AGUA CONTRA INCENDIO)
208	YT601B	TANQUE I.A.A.	(AGUA CONTRA INCENDIO)
209	YT701	RECIPIENTE PRESION I.A.A.	(AGUA DESMINERALIZADA)
210	YT7011	RECIPIENTE NAIGAI	(QUIMICOS A CALDERAS)
211	YT801A	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO DE CRUDO)
212	YT801B	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO DE CRUDO)

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
213	YT801C	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO DE CRUDO)
214	YT802A	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO GASOLINA E)
215	YT802B	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO GASOLINA E)
216	YT802D	TANQUE GASOLINA EXTRA	(ALMACENAMIENTO GASOLINA E)
217	YT803A	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO KEROSENE)
218	YT803B	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO KEROSENE)
219	YT804	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO JET FUEL)
220	YT805A	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO DIESEL)
221	YT805B	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO DIESEL)
222	YT806A	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO RESIDUO)
223	YT806B	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO RESIDUO)
224	YT807A	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO SLOP OIL)
225	YT807B	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO SLOP OIL)
226	YV8071	RECIPIENTE NIHON	(COLORANTE A KEROSENE)
Planta Refinería 2			
1	C2A001JA	VENTILADOR MOORE	(VENTILADOR PARA AIR COOLER)
2	C2A001JB	VENTILADOR MOORE	(VENTILADOR PARA AIR COOLER)
3	C2A002	AIR COOLER SMITHCO	(KEROSENE PROD AIR CLR)
4	C2A003	AIR COOLER SMITHCO	(NAPHTHA PROD AIR CLR)
5	C2A004	AIR COOLER SMITHCO	(ATMOS O.H.AIR CLR)
6	C2A004JA	VENTILADOR MOORE	(VENT.GASES DOMO DE LATORRE)
7	C2A004JB	VENTILADOR MOORE	(VENT.GASES DOMO DE LATORRE)
8	C2A004JC	VENTILADOR MOORE	(VENT.GASES DOMO DE LATORRE)
9	C2A004JD	VENTILADOR MOORE	(VENT.GASES DOMO DE LATORRE)
10	C2A004JE	VENTILADOR MOORE	(VENT.GASES DOMO DE LATORRE)
11	C2A004JF	VENTILADOR MOORE	(VENT.GASES DOMO DE LATORRE)
12	C2A004JG	VENTILADOR MOORE	(VENT.GASES DOMO DE LATORRE)
13	C2A004JH	VENTILADOR MOORE	(VENT.GASES DOMO DE LATORRE)
14	C2A004JI	VENTILADOR MOORE	(VENT.GASES DOMO DE LATORRE)
15	C2A004JJ	VENTILADOR MOORE	(VENT.GASES DOMO DE LATORRE)
16	C2C001A	COMPRESOR DRESSER RAND	(COMPRESOR DE GAS)
17	C2C001B	COMPRESOR DRESSER RAND	(COMPRESOR DE GAS)
18	C2E001	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(INTERC CRUDO / RESIDUO)
19	C2E002	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(INTERC CRUDO / ATM OVERHEAD)
20	C2E003	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(INTERC CRUDO / NAHTHA)
21	C2E004	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(INTERC KEROSENE/ CRUDO)
22	C2E005A	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(INTERC CRUDO / DIESEL)
23	C2E005B	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(INTERC CRUDO / DIESEL)
24	C2E006	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(INTERC RESIDUO/CRUDO)
25	C2E007A	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(INTERC DIESEL/ CRUDO)
26	C2E007B	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(INTERC DIESEL/ CRUDO)
27	C2E008	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(INTERC RESIDUO/ CRUDO)
28	C2E009	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(KEROSENE STRIPPER REBOILER)

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
29	C2E010	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(NAPHTHA STRIPPER REBOILER)
30	C2E011A	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(RESIDUUM/ 3.5K ATEAM REGENERAT)
31	C2E011B	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(RESIDUUM/ 3.5K ATEAM REGENERAT)
32	C2E012	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(DESALTING INLET/OUTLET WA)
33	C2E013	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(TERTIARY RESIDUUM/CRUDE EXCH)
34	C2E015	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(ATM. OVERHEAD VENT / AGUA)
35	C2E022	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(NAPHTHA PROD AFTER COOLER)
36	C2E024	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(NAPHTHA PROD AFTER COOLER)
37	C2E025	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(ATM OVERHEAD VENT CONDENS)
38	C2FB401	FILTRO	(RESIDUO DE C2P001 A/B)
39	C2FB402	FILTRO	(RESIDUO DE C2P001 A/B)
40	C2H001	HORNO DE CRUDO O.P.F.	(CALENTADOR DE CRUDO)
41	C2H001JA	SOPLADOR DE HOLLIN VULCAN	(SOPLADOR DE HOLLIN
42	C2H001JB	SOPLADOR DE HOLLIN VULCAN	(SOPLADOR DE HOLLIN
43	C2P001A	BOMBA GOULDS	(RESIDUOS)
44	C2P001B	BOMBA GOULDS	(RESIDUOS)
45	C2P002A	BOMBA GOULDS	(BOMBA DE DIESEL RECIRCULANTE)
46	C2P002B	BOMBA GOULDS	(BOMBA DE DIESEL RECIRCULANTE)
47	C2P003A	BOMBA GOULDS	(BOMBA DE PRODUCTO DIESEL)
48	C2P003B	BOMBA GOULDS	(BOMBA DE PRODUCTO DIESEL)
49	C2P004A	BOMBA GOULDS	(BOMBA DE PRODUCTO KEROSENE)
50	C2P004B	BOMBA GOULDS	(BOMBA DE PRODUCTO KEROSENE)
51	C2P005A	BOMBA GOULDS	(PRODUCTO NAPHTHA PESADA)
52	C2P005B	BOMBA GOULDS	(PRODUCTO NAPHTHA PESADA)
53	C2P006A	BOMBA SUNDYNE	(BOMBA DE CONDENSADO)
54	C2P006B	BOMBA SUNDYNE	(BOMBA DE CONDENSADO)
55	C2P007A	BOMBA GOULDS	(BOMBA DE REFLUJO)
56	C2P007B	BOMBA GOULDS	(BOMBA DE REFLUJO)
57	C2P008A	BOMBA WHITLEY	(TRANSFERENCIA DE LPG)
58	C2P008B	BOMBA WHITLEY	(TRANSFERENCIA DE LPG)
59	C2P009	BOMBA TEXSTEAM	(INYECCION INHIBIDOR CORROSION)
60	C2P010A	BOMBA JESCO	(INYECCION QUIMICOS DESALADORA)
61	C2P010B	BOMBA JESCO	(INYECCION QUIMICOS DESALADORA)
62	C2P010C	BOMBA LING MFG	(INYECCION QUIMICOS DESALADORA)
63	C2P011A	BOMBA UNION	(CONDENSADO DEL EDIF LPG)
64	C2P011B	BOMBA UNION	(CONDENSADO DEL EDIF LPG)
65	C2P012	BOMBA WILLIAMS	(INY. QUIMICO A DESALADORA)
66	C2T012	TANQUE DE SOSA	(SOSA A DESALADORA)
67	C2V001	RECIPIENTE PRESION CISA	(TORRE DE DESTILACION)
68	C2V002	RECIPIENTE PRESION I.A.A	(DIESEL STRIPPER)
69	C2V003	RECIPIENTE PRESION I.A.A.	(DIESEL STRIPPER)
70	C2V004	RECIPIENTE PRESION I.A.A.	(NAPHTHA STRIPPER)
71	C2V005	RECIPIENTE PRESION I.A.A.	(REFLUX DRUM)

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
72	C2V006	RECIPIENTE I.A.A.	(CONDENSATE SURGE DRUM)
73	C2V007	RECIPIENTE PRESION NATCO	(DESALADORA DE CRUDO)
74	C2V011	RECIPIENTE SIDMAR	(INHIBIDOR DE CORROSION)
75	C2V012	RECIPIENTE SIDMAR	(QUIMICO A DESALADORA)
76	C2V013	RECIPIENTE PRESION I.A.A.	(DECOKING MIST SEPARATOR)
77	C2V014	RECIPIENTE PRESION IFAMES	(ATMOSPHERIC OVERHEAD VENT)
78	C2V015	RECIPIENTE PRESION IFAMES	(COMPRESSOR SUCTION DRUM)
79	Y2A101	AIR COOLER INGERSOLL RAND	(COMPRESOR DE AIRE Y2C101C)
80	Y2A101J	VENTILADOR INGERSOLL RAND	(COMPRESOR DE AIRE Y2C101C)
81	Y2B701C	CALDERA SUPERIOR	(GENERACION DE VAPOR)
82	Y2B7011JC	SOPLADOR FUEL OIL -GAS	(SOPLADOR DE CALDERO)
83	Y2B7012JC	SOPLADOR DE AIRE	(SOPLADOR DE CALDERO)
84	Y2C101C	COMPRESOR INGERSOLL RAND	(COMPRESOR DE AIRE)
85	Y2C402A	COMPRESOR INGERSOLL RAND	(COMPRESOR DE AIRE)
86	Y2C402B	COMPRESOR INGERSOLL RAND	(COMPRESOR DE AIRE)
87	Y2E501	INTERCAMBIADOR DE CALOR	(FUEL OIL HEATER)
88	Y2E6000	TORRE DE ENFRIAMIENTO BAC	(ENFRIAMIENTO DE AGUA)
89	Y2E6000J	VENTILADOR BALTIMORE	(TORRE DE ENFRIAMIENTO)
90	Y2ME401C	RECIPIENTE DEGREMONT CPI	(SEPARACION DE ACEITE)
91	Y2ME401D	RECIPIENTE DEGREMONT CPI	(SEPARACION DE ACEITE)
92	Y2ME402	RECIPIENTE DEGREMONT	(FLOTACION)
93	Y2M3011	AGITADOR SEWUSOCOME	(FLOCULADOR)
94	Y2M3012C	AGITADOR PHILADELPHIA	(COAGULANTE SULFATO DE AL.)
95	Y2M3012D	AGITADOR PHILADELPHIA	(COAGULANTE SULFATO DE AL.)
96	Y2M3013	AGITADOR PHILADELPHIA	(SUBCOAGULANTE CARBONATO N)
97	Y2M3014	AGITADOR PHILADELPHIA	(ESTERILIZADOR HIPOCLORITO)
98	Y2M4011A	RASTRA	(UNIDAD SEPARACION ACEITE)
99	Y2M4011B	RASTRA	(UNIDAD SEPARACION ACEITE)
100	Y2P201C	BOMBA GOULDS	(LIQUIDOS DE TEA)
101	Y2P201D	BOMBA GOULDS	(LIQUIDOS DE TEA)
102	Y2P301C	BOMBA GOULDS	(AGUA DE SERVICIO)
103	Y2P301D	BOMBA GOULDS	(AGUA DE SERVICIO)
104	Y2P3011C	BOMBA DEMING CRANE	(TRANSFERENCIA AGUA SERVIC)
105	Y2P3011D	BOMBA DEMING CRANE	(TRANSFERENCIA AGUA SERVIC)
106	Y2P3012C	BOMBA DEMING CRANE	(AGUA LAVADO CONTRACORRIEN)
107	Y2P3012D	BOMBA DEMING CRANE	(AGUA LAVADO CONTRACORRIEN)
108	Y2P3013C	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION DE COAGULANTE)
109	Y2P3013D	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION DE COAGULANTE)
110	Y2P3014C	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION SUBCOAGULANTE)
111	Y2P3014D	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION SUBCOAGULANTE)
112	Y2P3015D	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION ESTERILIZADOR)
113	Y2P3015E	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION ESTERILIZADOR)
114	Y2P3015F	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION ESTERILIZADOR)

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
115	Y2P3016C	BOMBA GOULDS	(TRANSFERENCIA DE LODOS)
116	Y2P3016D	BOMBA GOULDS	(TRANSFERENCIA DE LODOS)
117	Y2P303C	BOMBA DURCO	(ALIMENTADORA AGUA CRUDA)
118	Y2P303D	BOMBA DURCO	(ALIMENTADORA AGUA CRUDA)
119	Y2P401	BOMBA GOULDS	(AGUA ACEITOSA)
120	Y2P4011C	BOMBA SEEPEX	(BOMBA DEL SEPARADOR ACEIT)
121	Y2P4011D	BOMBA SEEPEX	(BOMBA DEL SEPARADOR ACEIT)
122	Y2P4021C	BOMBA PULSAFEEDER	(DOSIFICADORA SODA)
123	Y2P4021D	BOMBA PULSAFEEDER	(DOSIFICADORA SODA)
124	Y2P4022C	BOMBA PULSAFEEDER	(DOSIFICADORA DE ALUMINIO)
125	Y2P4022D	BOMBA PULSAFEEDER	(DOSIFICADORA DE ALUMINIO)
126	Y2P4023C	BOMBA PULSAFEEDER	(DOSIFICADORA POLIELECTROL)
127	Y2P4023D	BOMBA PULSAFEEDER	(DOSIFICADORA POLIELECTROL)
128	Y2P4024C	BOMBA DEMING CRANE	(RECICLO)
129	Y2P4024D	BOMBA DEMING CRANE	(RECICLO)
130	Y2P4025	BOMBA SEEPEX	(LODOS)
131	Y2P4026A	BOMBA DEMING CRANE	(BOMBA DE PRESURIZACION)
132	Y2P4026B	BOMBA DEMING CRANE	(BOMBA DE PRESURIZACION)
133	Y2P4031C	BOMBA PULSAFEEDER	(DOSIFICADORA NUTRIENTE)
134	Y2P4031D	BOMBA PULSAFEEDER	(DOSIFICADORA NUTRIENTE)
135	Y2P4032C	BOMBA DEMING CRANE	(RECIRCULACION DE LODOS)
136	Y2P4032D	BOMBA DEMING CRANE	(RECIRCULACION DE LODOS)
137	Y2P406	BOMBA GOULDS	(AGUA ACEITOSA)
138	Y2P501C	BOMBA VIKING	(FUEL OIL)
139	Y2P501D	BOMBA VIKING	(FUEL OIL)
140	Y2P6000A	BOMBA DURCO	(AGUA DE ENFRIAMIENTO)
141	Y2P6000B	BOMBA DURCO	(AGUA DE ENFRIAMIENTO)
142	Y2P701C	BOMBA GOULDS	(AGUA A DEAERADOR)
143	Y2P7011C	BOMBA DURCO	(AGUA DE DESECHO)
144	Y2P7011D	BOMBA DURCO	(AGUA DE DESECHO)
145	Y2P7012	BOMBA WILDEM	(TRANSFERENCIA ACIDO SULF.)
146	Y2P7012D	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION DE ACIDO)
147	Y2P7012E	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION DE ACIDO)
148	Y2P7012F	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION DE ACIDO)
149	Y2P7013C	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION SOSA CAUSTICA)
150	Y2P7013D	BOMBA PULSAFEEDER	(INYECCION SOSA CAUSTICA)
151	Y2P7014C	BOMBA DEMING CRANE	(RECIRCULACION DW)
152	Y2P7014D	BOMBA DEMING CRANE	(RECIRCULACION DW)
153	Y2P7015A	BOMBA MILTON ROY	(INyec. QUIMICO (CALDERA))
154	Y2P7015B	BOMBA MILTON ROY	(INyec. QUIMICO (CALDERA))
155	Y2P7016A	BOMBA MILTON ROY	(INyec. QUIMICO (CALDERA))
156	Y2P7016B	BOMBA MILTON ROY	(INyec. QUIMICO (CALDERA))
157	Y2P702C	BOMBA DURCO	(ALIMENTACION A CALDERETA)

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
158	Y2P703C	BOMBA DURCO	(ALIMENTACION A CALDERETA)
159	Y2P801C	BOMBA GOULDS	(CARGA DE CRUDO)
160	Y2P801D	BOMBA GOULDS	(CARGA DE CRUDO)
161	Y2P806C	BOMBA GOULDS	(TRANSFERENCIA DE RESIDUOS)
162	Y2P806D	BOMBA GOULDS	(TRANSFERENCIA DE RESIDUOS)
163	Y2P806E	BOMBA GOULDS	(TRANSFERENCIA DE RESIDUOS)
164	Y2T301	TANQUE I.A.A.	(AGUA DE SERVICIO)
165	Y2T3011	TANQUE DEGREMONT	(FLOCULADOR)
166	Y2T3012	TANQUE DEGREMONT	(DECANTADOR LAMINAR)
167	Y2T3013	TANQUE DEGREMONT	(FILTRO DE ARENA)
168	Y2T3014	TANQUE DEGREMONT	(RETROLAVADO)
169	Y2T4021	RECIPIENTE DEGREMONT	(CARBONATO DE SODIO 5 %)
170	Y2T4022	RECIPIENTE DEGREMONT	(SULFATO DE ALUMINIO 5 %)
171	Y2T4023C	RECIPIENTE DEGREMONT	(POLIELECTROLITO AL 0.5 %)
172	Y2T4023D	RECIPIENTE DEGREMONT	(POLIELECTROLITO AL 0.5 %)
173	Y2T4024	TANQUE HORMIGON	(HOMOGENIZACION)
174	Y2T4025	RECIPIENTE PRESION INGERS	(PRESURIZACION AIRE)
175	Y2T4031	RECIPIENTE DEGREMONT	(NUTRIENTE FOSFATO AMONIO)
176	Y2T701	RECIPIENTE PRESION DEGREM	(AGUA DESMINERALIZADA)
177	Y2T7011	RECIPIENTE NOVATEC	(QUIMICOS A CALDERA)
178	Y2T801D	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO DE CRUDO)
179	Y2T802C	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO GASOLINA E)
180	Y2T805C	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO DE DIESEL)
181	Y2T806C	TANQUE I.A.A.	(ALMACENAMIENTO DE RESIDUO)
Planta de Gas			
1	GA1901	AIR COOLER CUELLAR	REGENERACION GAS NATURAL
2	GA1901J	VENTILADOR KOPPERS	REGENERACION GAS NATURAL
3	GA1902	AIR COOLER CUELLAR	REGENERACION GAS NATURAL
4	GA1902J	VENTILADOR CHECO	REGENERACION GAS NATURAL
5	GA1903	AIR COOLER CUELLAR	REFLUJO DEBUTANIZADORA
6	GA1903JA	VENTILADOR CHECO	REFLUJO DEBUTANIZADORA
7	GA1903JB	VENTILADOR CHECO	REFLUJO DEBUTANIZADORA
8	GA1904	AIR COOLER CUELLAR	PRODUCTO FONDO DEBUTANIZA
9	GA1904J	VENTILADOR CHECO	PRODUCTO FONDO DEBUTANIZADO
10	GA1905	AIR COOLER CUELLAR	PRODUCTO PROPANO BUTANO
11	GA1905J	VENTILADOR CHECO	PRODUCTO PROPANO BUTANO
12	GA1906A	AIR COOLER CUELLAR	REFRIGERACION PROPANO
13	GA1906JA	VENTILADOR CHECO	REFRIGERACION PROPANO
14	GA1906B	AIR COOLER CUELLAR	REFRIGERACION PROPANO
15	GA1906JB	VENTILADOR CHECO	REFRIGERACION PROPANO
16	GA1906C	AIR COOLER CUELLAR	REFRIGERACION PROPANO
17	GA1906JC	VENTILADOR CHECO	REFRIGERACION PROPANO
18	GA1906D	AIR COOLER CUELLAR	REFRIGERACION PROPANO

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
19	GA1906JD	VENTILADOR CHECO	REFRIGERACION PROPANO
20	GA1906E	AIR COOLER CUELLAR	REFRIGERACION PROPANO
21	GA1906JE	VENTILADOR CHECO	REFRIGERACION PROPANO
22	GA1906F	AIR COOLER CUELLAR	REFRIGERACION PROPANO
23	GA1906JF	VENTILADOR CHECO	REFRIGERACION PROPANO
24	GA1906G	AIR COOLER CUELLAR	REFRIGERACION PROPANO
25	GA1906JG	VENTILADOR CHECO	REFRIGERACION PROPANO
26	GA1906H	AIR COOLER CUELLAR	REFRIGERACION PROPANO
27	GA1906JH	VENTILADOR CHECO	REFRIGERACION PROPANO
28	GA1907	AIR COOLER CUELLAR	REFRIGERACION PROPANO
29	GA1907JA	VENTILADOR CHECO	REFRIGERACION PROPANO
30	GA1907JB	VENTILADOR CHECO	REFRIGERACION PROPANO
31	GA1908	AIR COOLER WORSHAM	REGENERACION GAS
32	GA1908J	VENTILADOR MOORE	GAS DE REGENERACION
33	GH1401	HORNO SMITH	CALENTADOR DE GAS (SAL)
34	GH1402	HORNO OPTIMI	CALENTADOR ACEITE TERMICO
35	GP0101A	BOMBA	TRANSFERENCIA DE AGUA CRUDA
36	GP0101B	BOMBA	TRANSFERENCIA DE AGUA CRUDA
37	GP0103A	BOMBA	TRANSFERENCIA DE AGUA CRUDA
38	GP0103B	BOMBA	TRANSFERENCIA DE AGUA CRUDA
39	GP0104A	BOMBA	TRANSFERENCIA DE AGUA CRUDA
40	GP0104B	BOMBA	TRANSFERENCIA DE AGUA CRUDA
41	GP1701	BOMBA UNION	ALIMENTADORA DE CONDENSADO
42	GP1702	BOMBA UNION	ALIMENTADORA DE CONDENSADO
43	GP1703	BOMBA UNION	REFLUJO DEETANIZADORA
44	GP1704	BOMBA UNION	REFLUJO DEETANIZADORA
45	GP1705	BOMBA UNION	REFLUJO DEETANIZADORA
46	GP1706	BOMBA UNION	REFLUJO DEETANIZADORA
47	GP1707	BOMBA UNION	CIRCULACION ACEITE TERMICO
48	GP1708	BOMBA UNION	CIRCULACION ACEITE TERMICO
49	GP1709	BOMBA WHITLEY	REPASO DE LIQUIDO
50	GP1710	BOMBA GOULDS	CIRCULACION ACEITE TERMICO
51	GP1711	BOMBA SUNDYNE	REFLUJO DEPROPANIZADORA
52	GP1712	BOMBA SUNDYNE	REFLUJO DEPROPANIZADORA
53	GP1713	BOMBA SUNDYNE	ALIMENTADORA DE CONDENSADO
54	GP1714	BOMBA SUNDYNE	ALIMENTADORA DE CONDENSADO
55	GP1715	BOMBA GOULDS	CIRCULACION ACEITE TERMICO
56	GP1716	BOMBA GOULDS	CIRCULACION AGUA ENFRIAMIENTO
57	GP1717	BOMBA GOULDS	CIRCULACION AGUA ENFRIAMIENTO
58	GP1718	BOMBA GOULDS	CIRCULACION AGUA ENFRIAMIENTO
59	GP1719	BOMBA TEXSTEAM	REPASO DE LIQUIDO
60	GP1720	BOMBA TEXSTEAM	INYECCION DE METANOL
61	GE0001	INTERCAMBIADOR DISTRAL	PRE-ENFRIADOR GAS-AGUA

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
62	GE0002	INTERCAMBIADOR DISTRAL	PRE-ENFRIADOR GAS-REFRIGERANTE
63	GE0003A	INTERCAMBIADOR DISTRAL	PRE-ENFRIADOR DE LIQUIDO
64	GE0003B	INTERCAMBIADOR DISTRAL	PRE-ENFRIADOR DE LIQUIDO
65	GE1502	INTERCAMBIADOR SUMITOMO	GAS-LIQUIDO
66	GE1503	INTERCAMBIADOR DISTRAL	GAS
67	GE1504A	INTERCAMBIADOR SUMITOMO	CONDENSADOR DE DEETANIZAD
68	GE1504B	INTERCAMBIADOR SUMITOMO	CONDENSADOR DE DEETANIZAD
69	GE1504C	INTERCAMBIADOR DISTRAL	CONDENSADOR DE DEETANIZADORA
70	GE1505A	INTERCAMBIADOR MILLER	REERVIDOR DE DEETANIZADOR
71	GE1505B	INTERCAMBIADOR DISTRAL	REERVIDOR DE DEETANIZADOR
72	GE1507	INTERCAMBIADOR DANDAL	RECUPERADOR DE REFRIGERAN
73	GE1508	INTERCAMBIADOR DISTRAL	REERVIDOR DE DEPROPANIZADORA
74	GE1509	INTERCAMBIADOR DISTRAL	CONDENSADOR DE DEPROPANIZADO
75	GE1510	INTERCAMBIADOR DISTRAL	CONDENSADOR DE DEBUTANIZADORA
76	GE1511	INTERCAMBIADOR DISTRAL	CALENTADOR DE CARGA A DEE
77	GE1906	INTERCAMBIADOR DISTRAL	CONDENSADOR REFRIGERACION AGUA
78	GE1907	INTERCAMBIADOR DISTRAL	CONDENSADOR REFRIGERACION AGUA
79	GE1908	INTERCAMBIADOR DISTRAL	ENFRIADOR LPG
80	GE1909	INTERCAMBIADOR DISTRAL	ENFRIADOR LPG
81	GE1701	TORRE ENFRIAMIENTO	AGUA ENFRIAMIENTO PLANTA DE GAS
82	GL2101	FILTRO PEERLESS	SEPARADOR DE ENTRADA
83	GL2102	FILTRO PEERLESS	POLVO DE GAS
84	GL2103	FILTRO PEERLESS	POLVO DE GAS
85	GL2104	FILTRO KING TOOL COMPANY	DE LIQUIDO
86	GL2105	FILTRO KING TOOL COMPANY	DE LIQUIDO
87	GL2106	FILTRO BRILEY WELDING	DE LIQUIDO
88	GL2107	FILTRO BRILEY WELDING	DE LIQUIDO
89	GL2108A	FILTRO WM. W. NUGENT	EN LINEA DE GAS
90	GL2108B	FILTRO WM. W. NUGENT	EN LINEA DE GAS
91	GL2109A	FILTRO WM. W. NUGENT	EN LINEA DE LIQUIDO
92	GL2109B	FILTRO WM. W. NUGENT	EN LINEA DE LIQUIDO
93	GL2110A	FILTRO WM. W. NUGENT	EN LINEA DE LIQUIDO
94	GL2110B	FILTRO WM. W. NUGENT	EN LINEA DE LIQUIDO
95	GV1601	RECIPIENTE PRESION RANDAL	SEPARADOR DE GAS ENTRADA
96	GV1602	RECIPIENTE PRESION RANDAL	DESHIDRATADOR DE GAS
97	GV1603	RECIPIENTE PRESION RANDAL	DESHIDRATADOR DE GAS
98	GV1604	RECIPIENTE PRESION RANDAL	DEPURADOR GAS REGENERACION
99	GV1605	RECIPIENTE PRESION RANDAL	DESHIDRATADOR DE LIQUIDO
100	GV1606	RECIPIENTE PRESION RANDAL	DESHIDRATADOR DE LIQUIDO
101	GV1606	RECIPIENTE PRESION RANDAL	DESHIDRATADOR DE LIQUIDO
102	GV1607	RECIPIENTE PRESION RANDAL	SEPARADOR FRIO
103	GV1608	RECIPIENTE PRESION RANDAL	DEPURADOR GAS COMBUSTIBLE
104	GV1609	RECIPIENTE PRESION MASTER	DEETANIZADORA

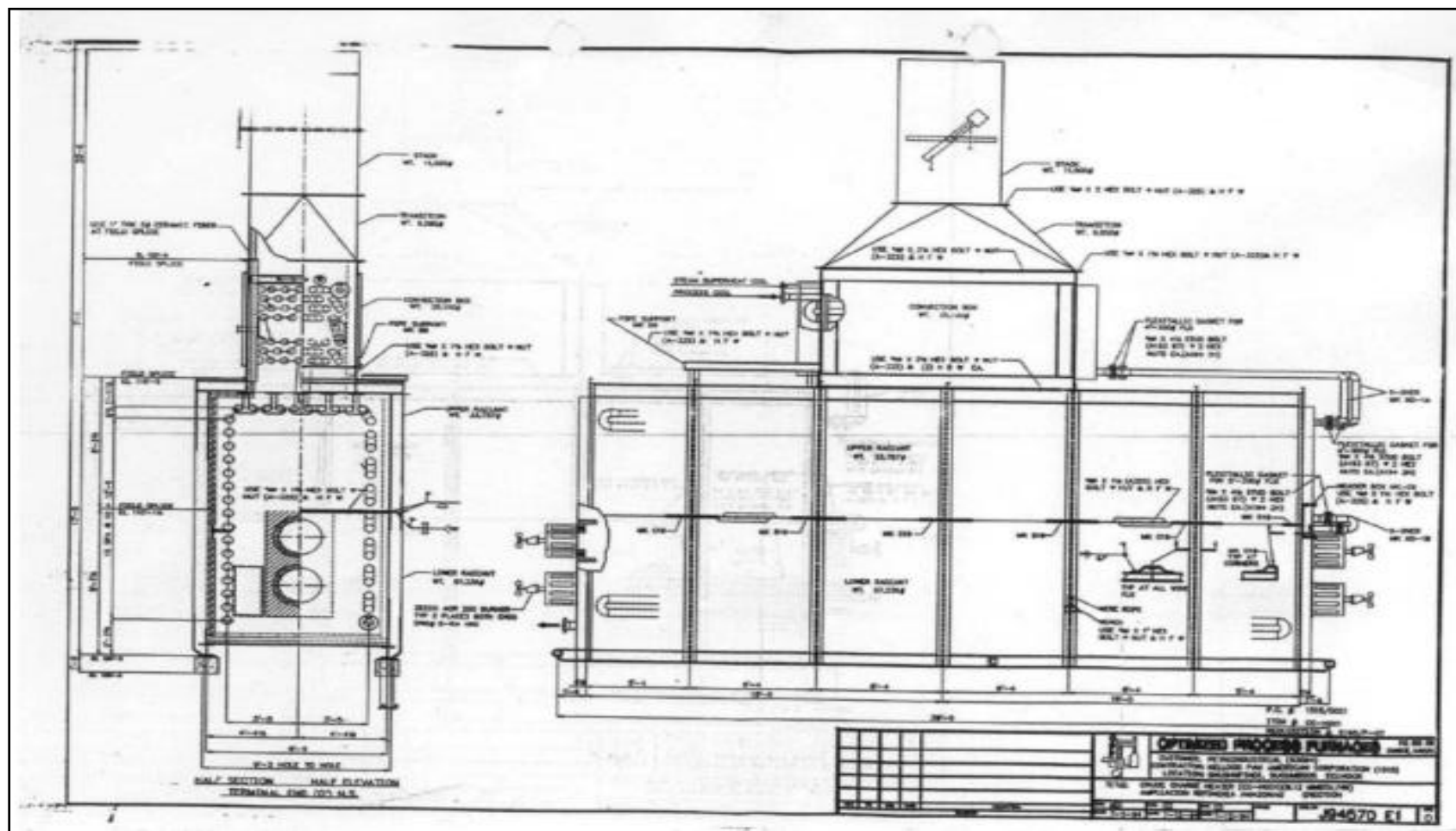
Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
105	GV1610	RECIPIENTE PRESION RANDAL	ACUMULADOR REFLUJO DEETAN
106	GV1611	RECIPIENTE PRESION MASTER	DEBUTANIZADORA
107	GV1612	RECIPIENTE PRESION RANDAL	ACUMULADOR REFLUJO DEBUTA
108	GV1613	RECIPIENTE PRESION RANDAL	ACUMULAD.EXPANSION ACEITE
109	GV1614	RECIPIENTE PRESION RANDAL	DEPURADOR SUCCION REFRIGE
110	GV1615	RECIPIENTE PRESION RANDAL	ALIMENTADOR REFRIGERANTE
111	GV1616	RECIPIENTE PRESION RANDAL	ECONOMIZADOR REFRIGERANTE
112	GV1617	RECIPIENTE PRESION RANDAL	IGUALADOR DEL REFRIGERANTE
113	GV1618	RECIPIENTE PRESION RANDAL	DEPURADOR GAS REGENERACION
114	GV1619	RECIPIENTE PRESION RANDAL	DRENAJE DESHIDRATADOR LIQ
115	GV1621	RECIPIENTE PRESION DISTRAL	ACUMULADOR REFLUJO DEPROD
116	GV1622	RECIPIENTE PRESION PERRY	SEPARADOR DE AGUA
117	GV1623	RECIPIENTE PRESION PECO	SEPARADOR DE AGUA
118	GV1624	RECIPIENTE PRESION DISTRAL	DEPROPANIZADORA
119	GV1625	RECIPIENTE PRESION DISTRAL	ACUMULAD.EXPANCION ACEITE
120	GV1626	RECIPIENTE PRESION DISTRAL	DESHIDRATADOR DE LIQUIDO
121	GV1627	RECIPIENTE PRESION DISTRAL	DESHIDRATADOR DE LIQUIDO
122	GV1628	RECIPIENTE PRESION DISTRAL	DEPOSI.DRENAJE DESHIDRATA
123	GV1630	RECIPIENTE PRESION PECO	DEPURADOR GAS REGENERACION
124	GT0105	TANQUE DE DÍA DE AGUA TRATADA	TANQUE DE DÍA DE AGUA TRATADA
125	GC1105	COMPRESOR AIRE INGERSOLL RAND	AIRE DE INSTRUMENTOS
126	GC1106	COMPRESOR AIRE INGERSOLL RAND	AIRE DE INSTRUMENTOS
127	GC1107	COMPRESOR AIRE INGERSOLL RAND	AIRE DE INSTRUMENTOS
128	GH1105	SECADOR DE AIRE	AIRE DE INSTRUMENTOS
129	GME0101	CLARIFICADOR	CLARIFICADOR
130	GT0101	TANQUE DISTRAL S.A.	AGUA CRUDA
131	GT0102	TANQUE TECNIAGUAS	MEZCLA Y FLOCULACION
132	GT0105	TANQUE DISTRAL	AGUA TRATADA
133	GP0101A	BOMBA - MOTOR GOULDS	TRANSFERENCIA AGUA CRUDA
134	GP0101B	BOMBA - MOTOR GOULDS	TRANSFERENCIA AGUA CRUDA
135	GP0104A	BOMBA GOULDS	TRANSFERENCIA AGUA TRATADA
136	GP0104B	BOMBA GOULDS	TRANSFERENCIA AGUA TRATADA
137	GP0105A	BOMBA MILTON ROY	BOMBA MILTON ROY - BOMBA CLORO
138	GP0105B	BOMBA MILTON ROY	BOMBA MILTON ROY - BOMBA CLORO
139	GP0105C	BOMBA PULSAFEEDER CHEM TE	INYECCIÓN DE CLORO
140	GP0106A	BOMBA MILTON ROY	DOSIFICACION CARBONATO NA
141	GP0106B	BOMBA MILTON ROY	BOMBA DE CARBONATO DE NA
142	GP0107A	BOMBA MILTON ROY	DOSIFICACION SULFATO ALUM
143	GP0107B	BOMBA MILTON ROY	BOMBA DE SULFATO DE AL
144	GP0108	BOMBA WILLIAMS	INHIBIDOR INCRUSTACIONES
145	GT3605	TANQUE I.A.A.	AGUA CONTRA INCENDIOS
146	GT3606	TANQUE I.A.A.	AGUA CONTRA INCENDIOS
147	GT3607	TANQUE I.A.A.	AGUA CONTRA INCENDIOS

Número	ID equipo	Descripción:	Servicio
148	GT3610	TANQUE I.A.A.	AGUA CONTRA INCENDIOS
149	GP9101	BOMBA WORTHINGTON	SISTEMA CONTRA INCENDIOS
150	GP9102	BOMBA WORTHINGTON	SISTEMA CONTRA INCENDIOS
151	GP9103	BOMBA WORTHINGTON	SISTEMA CONTRA INCENDIOS
152	GP9105	BOMBA PEERLESS	SISTEMA CONTRA INCENDIOS
153	GP9104	BOMBA AURORA (JOCKEY)	SISTEMA CONTRA INCENDIOS
154	GT05101	TANQUE I.A.A	ALMACENAMIENTO GASOLINA
155	GT05102	TANQUE I.A.A	ALMACENAMIENTO GASOLINA
156	GT3611	TANQUE	ALMACENAMIENTO PROPANO
157	GT3601	ESFERA ACERO DE LOS ANDES	ALMACENAMIENTO DE LPG
158	GT3602	ESFERA ACERO DE LOS ANDES	ALMACENAMIENTO DE LPG
159	GT3603	ESFERA ACERO DE LOS ANDES	ALMACENAMIENTO DE LPG
160	GT3604	ESFERA ACERO DE LOS ANDES	ALMACENAMIENTO DE LPG
161	GP1301A	BOMBA INGERSOLL RAND	NAPTA NATURAL
162	GP1301B	BOMBA INGERSOLL RAND	NAPTA NATURAL
163	GP1303	BOMBA	GASOLINA NAPTA A OLEODUCTO
164	GP1401A	BOMBA TYSKLAND	TRANSFERENCIA DE LPG
165	GP1401B	BOMBA TYSKLAND	TRANSFERENCIA DE LPG
166	GP8105	BOMBA OLEOHIDRAULICA	VALVULAS DE ESFERAS
167	GP8107	BOMBA SMITH	RECIRCULACION GLP-ESFERAS
168	GP8108	BOMBA SMITH	RECIRCULACION GLP-ESFERAS
169	GP8109A	BOMBA SCANPUMP	RECIRCULACION DE LPG
170	GP8109B	BOMBA SCANPUMP	RECIRCULACION DE LPG
171	YHC02	HORNO DE PLANTA DE C02	HORNO C02

Fuente: Manuales de Refinería Shushufindi

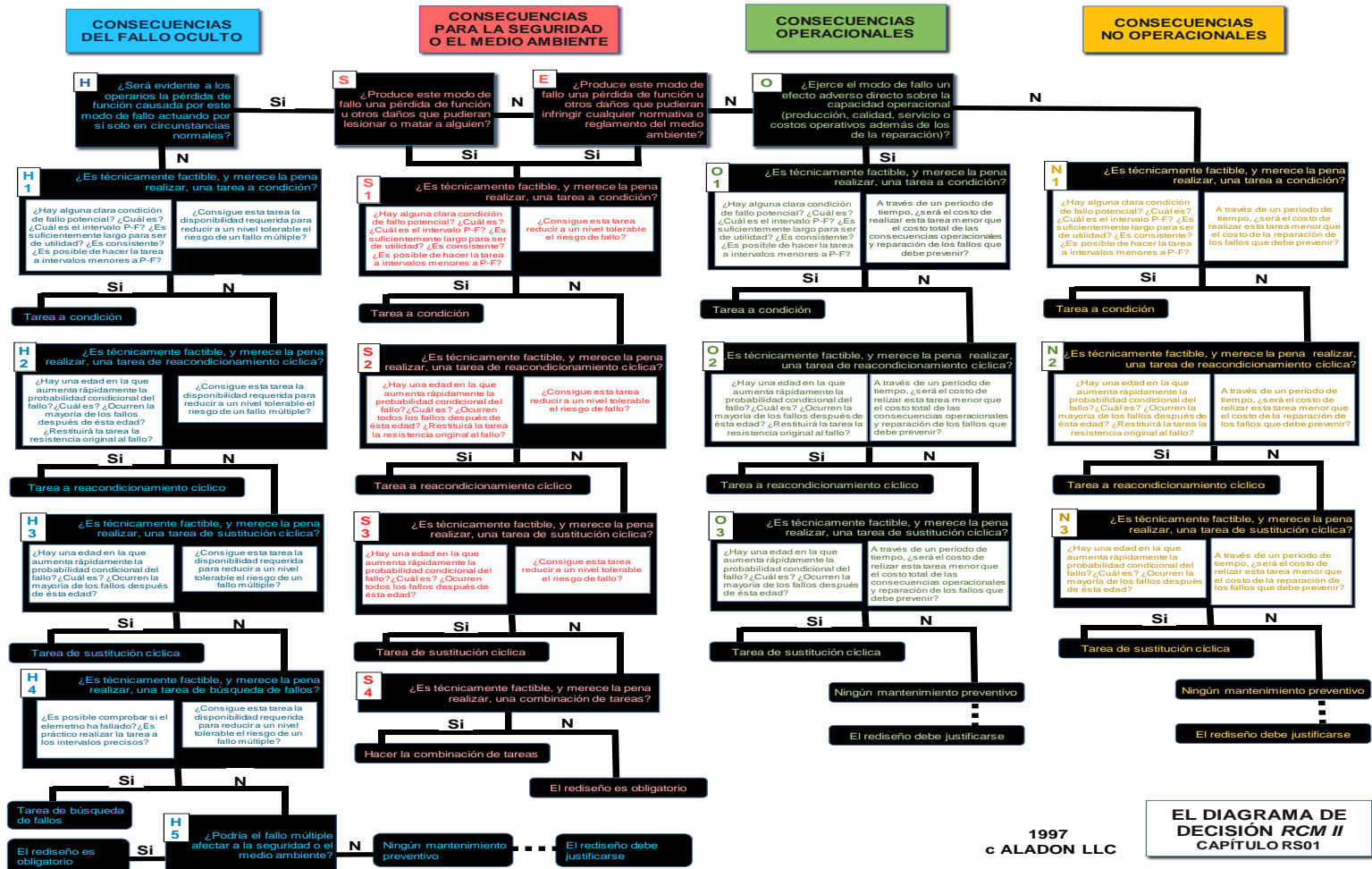
Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

Anexo C. Plano del horno de crudo (CH001)



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento Refinería Shushufindi

Anexo D. Diagrama de decisión RCM



Fuente: (Moubray IV J. , 2004)

Anexo E. Cronograma de mantenimiento preventivo, caldera de vapor Y2B701C

ID		TAREAS	FREC.	MES DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2 0 1 5 - REFINERIA 1																
CALDERA DE VAPOR (Y2B701C)																
1	MECANICA															
1.1	BOMBAS Desmineralización y Generación de Vapor (Y2P7012D/E/F /7013C/D/ 7015 A/B /7016A/B)															
1.1.1	Revisión de calidad y nivel de aceite	18	D													
1.1.2	Verificar posibles fugas de aceite	18	D													
1.1.3	Verificar niveles fajas del aclo mecánico	18	D													
1.1.4	Verificar giro suave del eje	18	D													
1.1.5	Controlar posibles fugas de líquido de bombeo	18	D													
1.1.6	Controlar posibles fugas de agua de refrigeración	18	D													
1.1.7	Controlar flujo de agua de refrigeración	3	M													
1.1.8	Cambiar aceite	6	M													
1.2	AGITADORES Sistema Desmineralización y Generación de Vapor (Y2M7011C/D/12/13A/B)															
1.2.1	Inspeccionar posibles fugas de arena / aceite	3	M													
1.2.2	Detectar posibles ruidos extraños y registrar	3	M													
1.2.3	Inspeccionar partes fijas	3	M													
1.2.4	Inspeccionar giro suave del eje	3	M													
1.2.5	Lubricación de partes rotativas	3	M													
1.2.6	Revisión de nivel y calidad de aceite y/o grasa	3	M													
1.2.7	Inspeccionar eje de agitación y helice	3	M													
1.2.8	Cambiar aceite y/o grasa	6	M													
2	INSTRUMENTACION															
2.1	DESMINERALIZADORA															
2.1.1	Mito Instrumentos de campo	6	M													
2.1.2	Mito válvulas on/off	6	M													
2.1.3	Mito sistemas de control	6	M													
2.2	LAZOS DE CONTROL															
2.2.1	LAZO DE CONTROL DE FLUJO															
2.2.1.1	Mito transmisor electrónico	6	M													
2.2.1.2	Mito válvula de control	6	M													
2.2.1.3	Sintonización de sistema control	6	M													
2.2.2	LAZO DE CONTROL DE PRESION															
2.2.2.1	Mito transmisor electrónico	6	M													
2.2.2.2	Mito válvula de control	6	M													
2.2.2.3	Sintonización de sistema control	6	M													
2.2.3	LAZO DE CONTROL DE TEMPERATURA															
2.2.3.1	Mito transmisor electrónico	6	M													
2.2.3.2	Mito válvula de control	6	M													
2.2.3.3	Sintonización de sistema control	6	M													
2.2.4	LAZO DE CONTROL DE NIVEL															
2.2.4.1	Mito transmisor electrónico	6	M													
2.2.4.2	Mito válvula de control	6	M													
2.2.4.3	Sintonización de sistema control	6	M													
2.3	SISTEMAS CONTROL DCS															
2.3.1	Mito Sistema DCS (Contrato)	3	M													
2.3.2	Urgencia de los Hacia Fichero (2012)	1	A													
2.4	INSTRUMENTAL DE CAMPO															
2.4.1	Mito de instrumentos campo	6	M													
2.4.2	Mito válvulas	6	M													
2.4.3	Mito panel control	6	M													
2.5	SISTEMA MEDICION TANQUES															
2.5.1	Mito de instrumentos campo	6	M													
2.5.2	Mito Radar	6	M													
2.5.3	Mito red comunicaciones	6	M													
3	ELECTRICIDAD															
3.1	MOTORES ELECTRICOS															
3.1.1	Medición de voltajes y corrientes	1	A													
3.1.2	Medición de voltajes y corrientes	1	A													
3.1.3	Medición de temperatura (termómetro líser)	1	A													
3.1.4	Lubricación de rodamientos	1	A													
3.1.5	Revisión de Puerta a Tierra	1	A													
3.1.6	Revisión arrancador / bornes	1	A													
3.1.7	Ajuste de Terminales de Fuerza y Control	1	A													
3.2	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES R1(COMPRESOR Y2C104C)															
3.2.1	Medición de voltajes y corrientes Barra Principal	6	M													
3.2.2	Revisión protecciones eléctricas	1	A													
3.2.3	Medición de temperatura (termómetro líser)	6	M													
3.3	UPS R1															
3.3.1	Comprobación de funcionamiento (Voltaje/Corriente)	1	A													
3.3.2	Revisión de bornes de baterías	1	A													
3.3.3	Revisión acumulados eléctricos	1	A													

NOTA: Las actividades del Mantenimiento Preventivo se encuentran programadas conforme el Sistema de Gestión de Mantenimiento Sistema (CMMS)

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

Anexo F. Cronograma de mantenimiento preventivo, horno de crudo CH001



nexo F. Cronograma de mantenimiento preventivo, homo de crudo CH001

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO 2015 - REFINERÍA 1

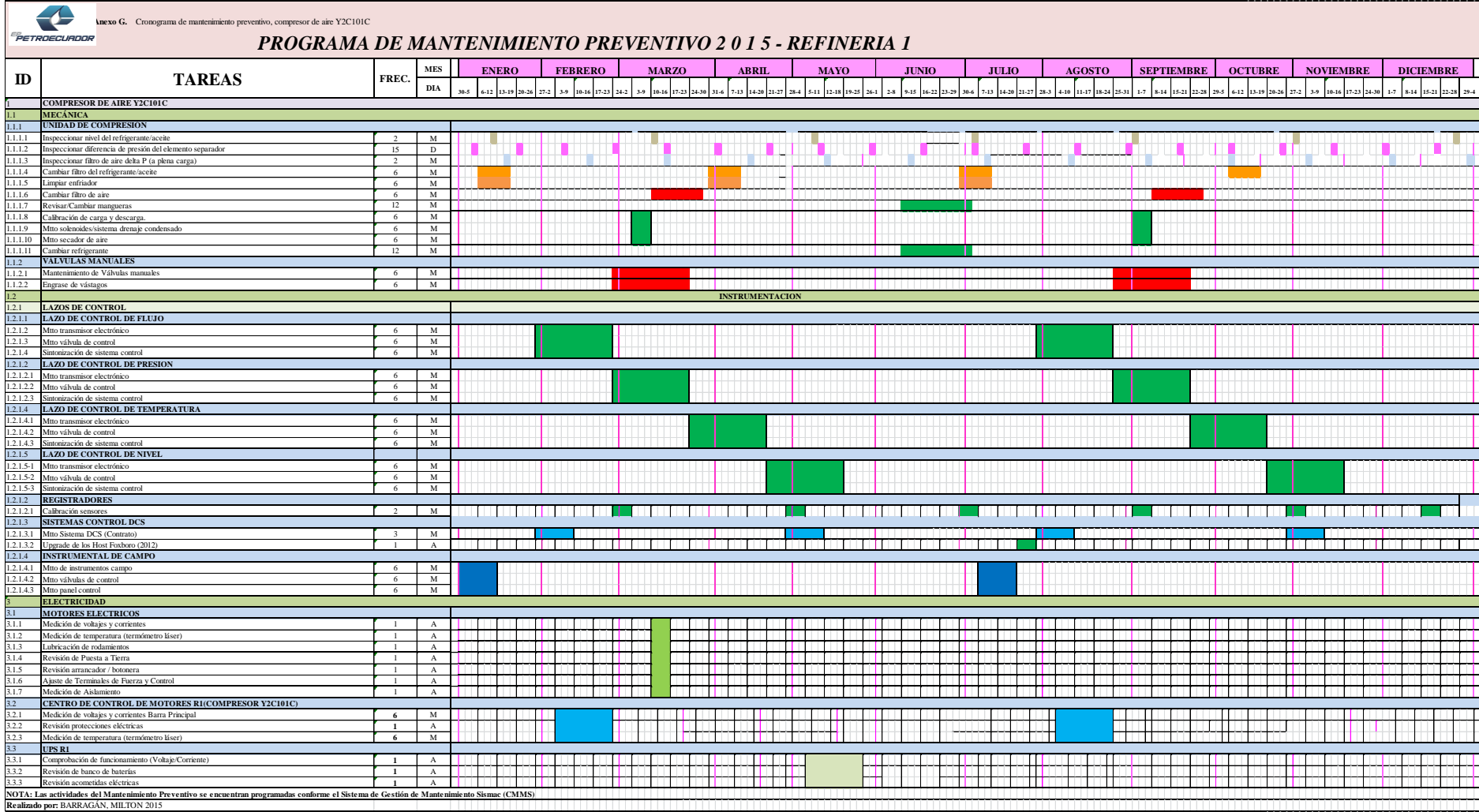
TAREAS			FREC.	MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE																																																	
ID		DIA			30-1	3-12	13-18	20-28	27-2	3-9	10-16	17-23	24-2	3-9	10-16	17-23	24-30	31-6	7-13	14-20	21-27	28-4	5-11	12-18	19-25	26-1	2-8	9-15	16-22	23-29	30-6	7-13	14-20	21-27	28-3	4-10	11-17	18-24	25-31	1-7	8-14	15-21	22-28	29-5	6-12	13-19	20-26	27-2	3-9	10-16	17-23	24-30	1-7	8-14	15-21	22-28	29-5								
1																																	HORNO CH001																																
1.1																																	MECANICA																																
1.1.1																																	BOMBAS																																
1.1.1																																	Revisión de calidad y nivel de aceite																																
1.1.2																																	Verificar posibles fugas de aceite																																
1.1.3																																	Verificar posibles fugas del sello mecánico																																
1.1.4																																	Verificar giro suave del eje																																
1.1.5																																	Controlar posibles fugas de liquido de bombeo																																
1.1.6																																	Controlar posibles fugas de agua de refrigeración																																
1.1.7																																	Controlar flujo de agua de refrigeración																																
1.1.8																																	Cambiar aceite																																
2																																	INSTRUMENTACION																																
2.1																																	LAZOS DE CONTROL																																
2.1.1																																	LAZO DE CONTROL DE FLUIDO																																
2.1.1.1																																	Mito transmisor electrónico																																
2.1.1.2																																	Mito válvula de control																																
2.1.1.3																																	Sintonización de sistema control																																
2.1.2																																	LAZO DE CONTROL DE PRESION																																
2.1.2.1																																	Mito transmisor electrónico																																
2.1.2.2																																	Mito válvula de control																																
2.1.2.3																																	Sintonización de sistema control																																
2.1.3																																	LAZO DE CONTROL DE TEMPERATURA																																
2.1.3.1																																	Mito transmisor electrónico																																
2.1.3.2																																	Mito válvula de control																																
2.1.3.3																																	Sintonización de sistema control																																
2.1.4																																	LAZO DE CONTROL DE NIVEL																																
2.1.4.1																																	Mito transmisor electrónico																																
2.1.4.2																																	Mito válvula de control																																
2.1.4.3																																	Sintonización de sistema control																																
2.2																																	SISTEMAS CONTROL DCS																																
2.2.1																																	Mito Sistema DCS (Contrato)																																
2.2.2																																	Depende de los Hosts Padron (2012)																																
2.3																																	INSTRUMENTAL DE CAMPO																																
2.3.1																																	Mito de instrumentos campo																																
2.3.2																																	Mito válvulas																																
2.3.3																																	Mito panel control																																
2.4																																	SISTEMA MEDICION TANQUES (19)																																
2.4.1																																	Mito de instrumentos campo																																
2.4.2																																	Mito Radar																																
2.4.3																																	Mito red comunicaciones																																
3																																	ELECTRICIDAD																																
3.1																																	MOTORES ELECTRICOS																																
3.1.1																																	Medición de voltajes y corrientes																																
3.1.2																																	Medición de temperatura (termómetro láser)																																
3.1.3																																	Lubricación de rodamientos																																
3.1.4																																	Revisión de Puesta a Tierra																																
3.1.5																																	Revisión arrancador / botonera																																
3.1.6																																	Ajuste de Terminales de Fuerza y Control																																
3.1.7																																	Medición de Aislamiento																																
3.2																																	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES R1 (COMPRESOR Y2C101C)																																
3.2.1																																	Medición de voltajes y corrientes Barra Principal																																
3.2.2																																	Revisión protecciones eléctricas																																
3.2.3																																	Medición de temperatura (termómetro láser)																																
3.3																																	UPS R1																																
3.3.1																																	Comprobación de funcionamiento (Voltaje/Corriente)																																
3.3.2																																	Revisión de banco de baterías																																
3.3.3																																	Revisión acometidas eléctricas																																

NOTA: Las actividades del Mantenimiento Preventivo se encuentran programadas conforme al Sistema de Gestión de Mantenimiento Summa (CMMMS)

Realizado por: BARRAGAN, MILTON 2015

NOTA: Las actividades del Mantenimiento Preventivo se encuentran programadas conforme el Sistema de Gestión de Mantenimiento Sismac (CMMS)

Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015



Realizado por: BARRAGÁN, MILTON 2015

[illegible]

GLOSARIO DE TÉRMINOS.

TAG: Número único asignado a un activo físico y su localización funcional dentro de un planta industrial.

ACTIVO (ASSET): Edificio, planta maquinaria, y otros ítems permanentes requeridos por el usuario

COMPONENTE: Una de las partes que hacen un ítem.

ITEM: Se conoce como equipo

INSPECCIÓN: Actividades tales como medición, exámenes, pruebas, cálculos de un producto o servicio.

SISTEMA: Grupo de ítems organizados para cumplir una o varias funciones específicas.

ABREVIACIONES.

RCM: Reliability Centred Maintenance (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad).

AMFE: Análisis de Modo de Falla y efecto.

ISO: International Organization for Standardization (Organización Internacional de Estandarización).

MP: Mantenimiento preventivo.

MC: Mantenimiento correctivo.

RM: Confiabilidad y mantenimiento.

LCC: Costo del ciclo de vida.

GLP: Gas licuado de petróleo.

SAE: Society of Automotive Engineers (Sociedad de ingenieros automotrices)

ACR: Análisis Causa Raíz.

API: American Petroleum Institute (Instituto Americano de Petróleo)

RAM: Risk Assessment Matrix (Matriz de Evaluación de Riesgos)

DCS: Sistema de Control Distribuido

AC: Análisis de Criticidad

ACRB: Análisis Costo Riesgo Beneficio

IBR: Inspección Basada en Riesgos.

OREDA: Offshore and Onshore Reliability Data. (Base de Datos de Confiabilidad)

MTTR: Mean time to repair (Tiempo medio para Reparar)

MTBF: Mean time between failures, tiempo medio entre fallas.

BEN: Benchmarking (Punto de referencia)

ABREVIACIONES DE UNIDADES

bpd: Barriles por día.

cps: Centipolse

m³/h: Metros cúbicos por hora

°C: Grados centígrados

°F: Grados Fahrenheit

°K: Grados Kelvin

lb/h: libras por hora

psi: pounds-force per square inch (libras sobre pulgada cuadrada)

KPa: Kilopascal